

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
Природообустройство и водопользование
Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Анализ стабильности геодезической основы для проведения инженерных изысканий на территории г. Томска и Томского района в общепринятых плоскопрямоугольных системах координат

УДК 624.131.3:721.054.7.

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM81	Черемных Михаил Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГ	Крамаренко В.В.	К.Г.-М.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Маланина В.А.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преп. ООД ШБИП	Скачкова Л.А.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ	Савичев О.Г.	Д.Г.Н.		

Томск – 2020 г

Планируемые результаты обучения по ООП

Код	Результат обучения
P1	Демонстрировать глубокое знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах безопасности жизнедеятельности, быть компетентным в вопросах устойчивого развития
P2	Самостоятельно приобретать с помощью новых информационных технологий знания и умения и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P3	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, включая разработку документации и презентацию результатов проектной и инновационной деятельности.
P4	Использовать педагогически обоснованные формы, методы и приемы организации деятельности обучающихся, применять современные технические средства обучения и образовательные технологии образовательных программ «Природообустройство и водопользование» и «Прикладная геология»
P5	Проводить учебные занятия по учебным предметам, курсам, дисциплинам образовательных программ «Природообустройство и водопользование» и «Прикладная геология»
P6	Использовать знания в области водного хозяйства и природообустройства (мелиорации, рекультивации, инженерной защиты территорий) для надлежащей эксплуатации сооружений и систем природообустройства и водопользования, охраны водных объектов
P7	Разрабатывать документацию по эксплуатации мелиоративных систем, рекультивации нарушенных земель и водных объектов
P8	Проводить эксплуатацию и мониторинг сооружений и систем природообустройства и водопользования, обеспечивать выполнение требований по безопасности гидротехнических сооружений, охраны природы
P9	Использовать знания о геологических, геохимических, гидрологических, гидрогеологических, климатических процессах для определения параметров проектируемых сооружений и систем природообустройства и водопользования, выявления опасных природных и техногенных процессов
P10	Разрабатывать раздел проектной документации «Охрана окружающей среды»
P11	Проводить инженерно-геологические, инженерно-экологические, инженерно-гидрометеорологические изыскания, экологический мониторинг, руководить проведением инженерных изысканий и экологического мониторинга

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки (специальность) 20.04.02. Природообустройство и водопользование / Инженерные изыскания в области природообустройства
Отделение школы (НОЦ) Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2BM81	Черемных Михаил Евгеньевич

Тема работы:

Анализ стабильности геодезической основы для проведения инженерных изысканий на территории г. Томска и Томского района в общепринятых плоскопрямоугольных системах координат	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 140-30/с от 19.05.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Материалы с производственных и преддипломных практик, специальная литература, электронные источники.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>При исследовании решить следующие задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Провести инвентаризацию пунктов ГГС, для выбора пунктов, использующихся в выполнении ВКР. - Провести сравнительный анализ систем координат СК-42, СК-95, МСК 70 с применением различного программного обеспечения. - На основании проделанной работы выбрать оптимальную систему координат для проведения инженерно-геодезических изысканий на территории г. Томска Томского района - Провести анализ результатов, сделать выводы и рекомендации на основании полученных результатов.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	—

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Доцент ОСГН, к.э.н. Маланина В.А.
Социальная ответственность»	Ст. преп. ООД ШБИП Скачкова Л.А.
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Геодезическое обоснование работ при проведении инженерных изысканий. 2. Основные геодезические системы координат. 3. Оценка точности геодезической основы для проведения инженерных изысканий. 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 5. Социальная ответственность. 	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крамаренко В.В.	К.г.-м.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ81	Черемных Михаил Евгеньевич		

Реферат

Магистерская диссертация представлена на 141 листе, содержит 50 таблиц, 16 рисунков и 1 приложение.

Ключевые слова и словосочетания: Государственная геодезическая сеть, пункт Государственной геодезической сети, оценка точности, геодезическая основа, базовая линия, спутниковый приемник, система координат, Томск.

Объектом исследования являются пункты Государственной геодезической сети на территории города Томск.

Цель работы: проведение сравнительного анализа взаимного расположения пунктов геодезической основы в общепринятых плоскопрямоугольных системах координат с использованием различного программного обеспечения в территориальном образовании г. Томска, Томского района.

В процессе работы проводилось исследование фактического местоположения пунктов геодезической основы методом спутниковых геодезических измерений для дальнейшего анализа стабильности полученных координат в разных общепринятых прямоугольных системах координат с использованием различного программного обеспечения.

Для обработки полученных измерений использовались программные комплексы: Topcon Tools, Pinnacle, PHOTOMOD, Credo DAT.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word, таблицы и графики построены при помощи офисного пакета Microsoft Excel.

Область применения: результаты исследования могут использоваться инженерами-геодезистами при составлении технического отчета по инженерно-геодезическим изысканиям, а также кадастровыми инженерами для постановки объектов недвижимости на кадастровый учет.

Содержание

Введение.....	8
1.Геодезическое обоснование работ при проведении инженерных изысканий.....	10
1.1. Обзор литературы.....	10
1.2. Основные положения	12
1.3. Пункты государственных геодезических сетей	19
1.4. Государственная геодезическая сеть	27
1.5. Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть	28
1.6. Высокоточная геодезическая сеть	29
1.7. Сети триангуляции и полигонометрии	30
1.8. Геодезические сети специального назначения	33
2. Основные геодезические системы координат	35
2.1. Система координат WGS 84	35
2.1.1. Международная геодезическая система координат.....	37
2.2. Система координат ПЗ-90	38
2.3. Система координат СК-42	44
2.4. Система координат СК-95.....	49
2.5. Местные системы координат	52
2.5.1. Переход от МСК к общей государственной системе и обратно.....	54
3. Оценка точности геодезической основы для проведения инженерных изысканий	56

3.1. Инвентаризация пунктов государственной геодезической сети.....	56
3.2. Методика выполнения измерений, используемая в ходе проведения работ	65
3.3. Сравнительный анализ данных, полученных при выполнении измерений в различных системах координат, с применением различного программного обеспечения.....	68
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	82
5. Социальная ответственность	105
Заключение	121
Список использованных источников	122
Приложения	127

Введение

Государственная геодезическая сеть является основой для развития геодезических сетей сгущения и съёмочного обоснования; выполнения топографических съёмок, производства инженерно-геодезических работ. Она позволяет вычислять координаты пунктов в единой системе, предоставляет фактические данные для решения научных задач геодезии: определение формы и размеров Земли, изучение деформации земной коры, вывод разностей высот морей и океанов и др.

Своевременный анализ расположения пунктов и пересчет их координат позволяют избежать проблем с невязками фактического расположения пунктов относительно их нормативного значения. В выпускной квалификационной работе, на примере определения координат нескольких пунктов и анализа их взаимного расположения, показаны невязки пунктов в различных системах координат, поэтому ее актуальность не вызывает сомнений.

Магистерскую диссертацию открывают главы, характеризующие современное состояние и основные направления совершенствования государственной геодезической сети путём создания и развития спутниковых построений – фундаментальной астрономо-геодезической сети, высокоточной геодезической сети, государственной геодезической сети 1 класса. А также описание основных общепризнанных систем координат, применяемых при геодезических работах и параметры их перехода друг относительно друга. В третьей главе представлены материалы по мониторингу государственной геодезической сети на территории города Томск. Применения открытых программных продуктов и общедоступной информации позволило безошибочно определить местоположение пунктов государственной геодезической сети и провести осмотр на наличия соответствия нормативным документам. Так же в данной главе приведены измерения с помощью спутникового геодезического оборудования и сравнения данными пунктов государственной геодезической сети.

Целью дипломной работы является проведение сравнительного анализа взаимного расположения пунктов геодезической основы в общепринятых плоскопрямоугольных системах координат с использованием различного программного обеспечения в территориальном образовании г. Томска, Томского района.

Для выполнения данной цели, были поставлены следующие задачи:

1. Инвентаризация пунктов геодезической основы;
2. Выбор пунктов геодезической основы для проведения вычислений;
3. Сравнительный анализ систем координат, с применением различного программного обеспечения;
4. Выбор оптимальной системы координат для проведения инженерных изысканий на территории Томского района;
5. Анализ результатов, выводы и рекомендации.

Работа выполнена на основании материалов из базы данных пунктов Государственной геодезической сети «Росреестр по Томской области».

Полученные данные могут использоваться инженерами-геодезистами при составлении технического отчета по инженерно-геодезическим изысканиям, а также кадастровыми инженерами для постановки объектов недвижимости на кадастровый учет.

1. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОТ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

1.1. Обзор литературы

Проблема несоответствия фактических координат пунктов Государственной геодезической сети нормативным в последнее время становится очень актуальной. Ведь, благодаря развитию специального геодезического оборудования, которое позволяет производить геодезические работы с более высокой точностью специалисты все чаще сталкиваются с вышеупомянутой проблемой.

Так, например, Е. И. Аврунев и А.Э. Труханов в научной работе «Проблемы координатного обеспечения кадастровой деятельности и пути их решения» [1] рассматривают проблемы, которые возникают при переводе системы координат СК-95 в ГСК 2011 приходя к выводу о необходимости пересчета координат всех пунктов ГГС. Немного ранее Е.И. Аврунев совместно с Карпицом К.А. проводили работу, подобную данной ВКР: «Оценка точности геодезических сетей для целей государственного кадастра недвижимости» [2]. Также Е.И. Аврунев, совместно с М.В. Метелевой в статье «Результат оптимизации построения опорной геодезической сети на территорию города Новосибирска» [3] рассматривают 3 варианта построения опорной геодезической сети (ОГС) для города Новосибирска. Результатом выполнения работ, стал вывод о том, какой вариант построения Опорной геодезической сети наиболее оптимален для г. Новосибирска, а также анализ его на соответствие целям и задачам современной геодезии.

М.В.Черноусова в работе «Сравнительный анализ новых систем координат и инструментов работы с ними в ГИС Mapinfo и ArcGIS» [4] проводит анализ алгоритмов создания новых систем координат, не предусмотренных в перечне базовых систем координат геоинформационной системы. В данной статье описывается применение различного программного обеспечения для работы с системами координат.

В статье Ю.Е. Голяковой, Ю.В. Касаткина и В.Н. Щукиной «Анализ установления единых государственных систем координат» [5] представлен обзор введения единых государственных систем координат на территории Российской Федерации, сравнение параметров земного эллипсоида в государственных системах координат, схемы преобразования координат, а также сформулированы проблемы, возникающие при преобразовании координат из местных систем координат в единую государственную.

Проблема невязки координат пунктов Государственной геодезической основы поднимается в следующих работах: А.В. Виноградов, Б.Т. Мазуров «Перспективы использования специальных геодезических проекций и местных систем координат» [6], Е. М. Мазурова, К. М. Антонович, Е. К. Лагутина, Л. А. Липатников – «Анализ состояния государственной геодезической сети России с учетом существующих и перспективных требований» [7], М.Г. Отвагина – «Геодезическая основа единого государственного реестра недвижимости» [8].

В ходе выполнения ВКР проводится перевод полученных данных в различные системы координат, подобные действия описываются в работах К.Ф. Афолина «Преобразование координат Гаусса – Крюгера из СК-42/95 в ГСК 2011» [9] и в работе Виноградова А. В. «Анализ некоторых способов преобразования координат пунктов из системы в систему», [10] Абжапарова Д. А. «Математическая обработка инженерных геодезических сетей в стереографической проекции Гаусса» [11]. Вопрос перевода систем координат из одной в другую поднимает И.В. Меховникова в научной статье «Системы координат в картографии» [12], в ней подробно описывается процесс перевода координат из системы WGS-84 в плоскопрямоугольные системы.

В научной работе В.П. Горобец, Г.Н. Ефимов, И.А. Столяров «Опыт Российской Федерации по установлению Государственной системы координат 2011 года» [13] даны общие сведения о государственной

геодезической системе координат 2011 г. и основные результаты ее практической реализации на территории Российской Федерации. Приведены параметры перехода от систем координат, используемых на территории Российской Федерации в настоящее время, к системе координат 2011 г. Показаны перспективы дальнейшего развития системы координат 2011 г. на период до 2020 г.

На основании большого количества научных статей и работ можно сделать вывод о том, что работа, выполненная при написании ВКР является актуальной. Обзор и анализ литературных источников показал, что несмотря на большое количество работ, изучающих проблему несоответствия фактических координат пунктов Государственной геодезической сети нормативным, остались неисследованными вопросы об общем состоянии всей Государственной геодезической сети на территории Российской Федерации, так как данная работа является очень трудоемкой и трудозатратной. Исследования проводятся в основном на примере нескольких пунктов в каком-либо территориальном образовании, комплексного обследования всей сети не проводились. В данной выпускной квалификационной работе проведен анализ геодезической основы на территории города Томск, что определяем новизну работы для данной территории.

1.2. Основные положения

Основой проведения инженерно-геодезических изысканий является Государственная геодезическая сеть (ГГС) и сети специального назначения, созданные в установленном порядке Правительства России. Геодезическая основа создается в соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2015 г. N 431-ФЗ "О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". При этом всем значения координат геодезической основы,

полученные в результате работ по созданию новых геодезических основ или восстановлению старых, вносятся в государственный реестр.

Геодезические сети можно считать базовой основой геодезии, данные сети представляют собой единую систему построенных знаков [14].

В настоящих «Основных положениях о государственной геодезической сети Российской Федерации», разработанных в рамках организационно-технических мероприятий, необходимых для перехода к системе координат 1995 года, и в соответствии с Федеральным законом «О геодезии и картографии» от 26 декабря 1995 г. № 209-ФЗ (с изменениями), отражено состояние государственной геодезической сети на эпоху формирования системы геодезических координат 1995 года, приведены основные характеристики этой системы и основные принципы ее установления [15].

Росреестр является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере геодезической и картографической деятельности. Основными полномочиями Росреестра в области геодезии и картографии являются: организация геодезических и картографических работ федерального назначения, лицензирование геодезической и картографической деятельности, государственный геодезический надзор [16].

Отрасль геодезии и картографии обеспечивает решение широкого круга государственных задач, а также удовлетворение потребностей частного сектора экономики и граждан. Геодезия и картография обеспечивают решение задач территориального планирования, архитектурного и строительного проектирования, кадастрового учета недвижимого имущества в целях его гражданского оборота, решение задач в сфере экологии и природопользования, демографической политики и ряда других.

Государственная геодезическая сеть - это множество пунктов, расположенных на территории всей России. Каждый пункт закрепляется

специальным центром, обеспечивающим долговечность и сохранность пунктов на протяжении длительного промежутка времени, а также их устойчивость в плане и по высоте. Также, государственная геодезическая сеть включает в себя специальные пункты, которые являются наземными станциями спутникового определения координат, они действуют автономно на основе использования спутниковых навигационных систем. Данные пункты обеспечивают возможность определить координаты в режиме реального времени [15].

В зависимости от территории, геодезические сети бывают следующих типов:

1. Глобальные – сети, которые создаются благодаря методам космической геодезии. Для их построения используют наблюдения, полученные с искусственных спутников земли. Положение пунктов вычисляется в геоцентрической системе прямоугольных координат. Данную сеть применяют при решении сложных научно – технических проблем высшей геодезии, астрономии и других наук.

2. Государственные – сети, которые с высокой точностью определяют взаимное положение геодезических пунктов на выбранной поверхности (на плоскости или эллипсоиде)

3. Сети сгущения – сети, развивающиеся на основе пунктов ГГС методом сгущения координат. Служат для выполнения геодезических съемок, инженерно-геодезических изысканий, выполняемых в городах и поселках, строительных площадок и т.д.

4. Местные сети – определяют взаимное положение точек с наивысшей точностью на каждый момент времени. Обработываются в местной системе координат [14].

Государственная геодезическая сеть подразделяется на:

- фундаментальную астрономо-геодезическую сеть;
- высокоточную геодезическую сеть;
- спутниковые геодезические сети 1 класса;

- астрономо-геодезическую сеть 1 и 2 классов;
- государственные геодезические сети сгущения [14].

Основные характеристики геодезических сетей:

- значение координат пунктов в различных системах координат;
- плотность пунктов;
- среднеквадратическая погрешность расположения пунктов;
- среднеквадратическая погрешность определения координат.

Геодезические сети специального назначения подразделяют на виды в зависимости от народно-хозяйственных или технических задач (например, геодинамические сети, дорожные сети, строительные сети, межевые сети и т.п.) Геодезические сети сгущения и геодезические сети специального назначения в зависимости от их назначения и точности допускается подразделять на классы и разряды, количество которых устанавливают в технических проектах на выполнение геодезических работ [17].

Число, месторасположение пунктов сетей, состав применяемой аппаратуры и программы наблюдений на пунктах установлены в технических проектах по созданию сетей конкретного вида в соответствии с требованиями заказчика и действующей нормативной документацией.

Проектирование геодезических сетей осуществляется на основе материалов о картографо-геодезической изученности района работ, сведений о состоянии центров исходных геодезических пунктов и пунктов ранее созданных сетей, данных о геологических и геоморфологических особенностях местности.

Задачи, решаемые в результате проектирования геодезических сетей:

- выбор метода построения сети;
- выбор схемы построения сети;

- выбор типа центров пунктов.

В процессе рекогносцировки обеспечивается решение следующих задач:

- уточнение проекта сети;
- подтверждение правильности выбора мест для закладки пунктов сети (с учетом отсутствия помех для прохождения визирных лучей и спутниковых сигналов);
- оценка возможности закладки выбранных в проекте типов центров [18].

При создании высокоточных геодезических сетей рекомендуется применять устройства принудительного центрирования в соответствии с ОСТ 68-12-97 (Приспособления для принудительного центрирования геодезических приборов. Типы, основные параметры и технические требования) [19].

Для обеспечения сохранности геодезических пунктов их необходимо систематически обследовать. В случаях повреждения центров геодезических пунктов их необходимо восстановить, согласно инструкции по охране геодезических пунктов.

При производстве работ по созданию геодезических сетей следует применять методики измерений, аттестованные в соответствии с ГОСТ Р 8.563, и средства измерений, прошедшие поверку в соответствии с Федеральным законом от 26 июня 2008 г. N 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений" [20].

Контроль и приемка работ, связанных с построением геодезических сетей, должны быть осуществлены в соответствии с нормативными документами на конкретные виды геодезических работ в соответствии с инструкцией о порядке контроля и приемки геодезических, топографических и картографических работ.

Принципы построения геодезических сетей. Основной принцип построения геодезических сетей называется: «от общего к частному».

Сначала устанавливаются более крупные сети первого класса точности, которые имеют наибольшую протяженность и точность измерений.

На основе пунктов первого порядка производят построения пунктов второго класса точности, а на основе пунктов второго порядка строятся сети третьего и четвертого класса. Таким образом развиваются сети сгущения, местные системы координат, сети строительных площадок, горных выработок и т.д.

Последовательность выполнения работ при построении геодезических сетей.

Построение сетей следует рассматривать как выполнение крупного технического проекта. В зависимости от территории, на которой могут развиваться сети, их можно подразделить на:

- государственные,
- региональные,
- местные,
- опорные строительные.

Алгоритм последовательности выполнения работ, по созданию опорных геодезических сетей:

1. Разработка проекта опорной геодезической сети, сбор материалов изысканий, разработка схемы сети, обоснование экономического потенциала сети, ее оптимальность и т.д.
2. Исполнение проекта сети, рекогносцировка расположения пунктов на местности.
3. Составление сметной стоимости проекта.
4. Работы связанные с закладкой центров пунктов на местности.
5. Проведение геодезических измерений для определения точных координат пунктов.
6. Камеральная обработка измерений [21].

Развитие новых технологий и современных средств геодезических измерений привело к необходимости изменений, в том числе и в структуре геодезических сетей. При развитии геодезических сетей традиционными способами, координатно-плановое, высотное и гравиметрическое обоснования развивались достаточно отдельно друг от друга. Это связано с тем, что для их построения требовались разные местоположение и конструкции геодезических пунктов, методы и геодезические приборы. Сети триангуляции, полигонометрии строились из геометрических фигур по прямой видимости между соседними пунктами. Нивелирные сети имели свое линейное развитие вдоль магистральных трасс и дорог. Гравиметрические сети создавались в близости от населенных пунктов. При развитии спутниковых геодезических технологий имеется возможность объединения пунктов этих сетей в единую геодезическую систему. Это связано, в том числе и с повышением требований в точности определений координат, нормальных высот и значений величины силы тяжести в новых системах координат. Поскольку все эти параметры связаны с влиянием геодинамических процессов, движение земной поверхности происходит непрерывно. Поэтому возникает необходимость в их изучении и требованиях времени учитывать в геодезической теории и практики [22].

Развитие геодезических сетей определяется не только состоянием средств геодезических измерений, но и экономической потребностью в высокой точности и получением оперативных геодезических данных. В последние два десятилетия в российской Федерации была осуществлена национальная программа «Глобальная навигационная система», был выполнен большой комплекс работ по развитию государственной геодезической сети, ориентированный на применении ГЛОНАСС. Результатом этого стало создание высокоточных геодезических геоцентрических систем координат для геодезических и картографических работ (СК-95, ГСК-2011) и общеземных геоцентрических систем координат

«Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90, ПЗ-90.11) для баллистических и навигационных задач.

В основу геодезической системы координат ГСК-2011 вошли следующие пункты государственной геодезической сети (ГГС):

- пятьдесят пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети, тридцать три пункта из которых открыты для пользования,
- триста пунктов высокоточной геодезической сети (ВГС),
- четыре тысячи пятисот пунктов спутниковой геодезической сети 1 класса.

Для развития геодезических систем и сетей по всей России требуется создание условий для реализации уже накопленного на данный момент материалов:

- по государственному кадастру недвижимости,
- по картографическим работам,
- по инженерным изысканиям,
- по генпланам городов и территорий развития [18].

Многое из этого создавалось и в местных системах координат, число которых насчитывается по всей территории России около тридцати тысяч. Поэтому огромное значение имеет приведение всего этого в единую систему координат.

1.3. Пункты государственных геодезических сетей

Пункты ГГС служат важными элементами при построении опорной сети тригонометрическими (триангуляция), полигонометрическими и другими методами. Они представляют собой инженерные строительные сооружения, с использованием которых реализуются основные геодезические работы на территории всей страны. После проведенных на них измерений и полученных результатов в виде координат всех центров, пункты являются основой для формирования единой системы координат. Кроме этого они также считаются основой для проведения топографических съемок с целью изыскательских работ или картографирования. Некоторые из них

могут использоваться в гравиметрических и астрономических измерениях. Они также служат исходными станциями при выполнении геодезических работ по созданию разбивочной основы для ведения строительства различных объектов [22] .

Все эти пункты не зря называются основой. Ведь они действительно, как основания зданий фундаменты, должны быть устойчивыми к внутреннему давлению грунтов, температурным перепадам при промерзании, оттаивании и внешним атмосферным воздействиям. Государственные геодезические сети (ГГС) I, II, III, IV классов построены еще в СССР по основному принципу геодезистов «от общего к частному». К каждому классу сети предъявлялись свои технические требования. Наивысшими по точности и наибольшими по протяженности считаются сети I класса, которые являются основой для II класса и так далее. Поэтому к конструкциям пунктов всех государственных сетей предъявляются особые требования надежности и главное их не подвижности во времени. Почти все геодезические пункты состоят из подземной и наземной частей. К первой относятся центры, на которых производят измерения, и фиксируются определенные координаты. А вторые обозначаются различными сигналами для более удобного наведения на пункт с других точек.

Центры пунктов ГГС являются важной частью пунктов ГГС. Центры должны быть стабильны на протяжении длительного времени и являться нерушимыми. Цент является основным элементом, несущим плоскопрямоугольные координаты. Практически всегда находятся в углублениях грунтов, что обеспечивает более стабильное расположение пунктов. Место закладки центра зависит от следующих факторов:

- географического расположения района;
- физико-механических свойств, состава и характера грунтов;
- глубины их промерзания и оттаивания;
- коррозионной степени грунта;
- назначения пунктов [22].

Для постоянного сохранения пунктов Государственной геодезической сети, сохранению ее координатного и высотного положения на протяжении длительного времени были разработаны инструкции «центры и реперы ГГС», в данной инструкции предусмотрены:

- типовые конструкции центров с основными размерами;
- глубины и уровни залегания относительно поверхности земли и границ промерзания грунта;
- возможности применения механизмов при технологии закладки;
- ориентирные пункты.

Разные типы конструкций центров предусматривают возможность их закладки в различных местах: обычных суглинках и песках, болотах и в северных грунтах вечной мерзлоты, в средних и южных широтах страны.

Типовые центры ГГС в основном изготавливаются в виде железобетонных конструкций (пилонов, свай) с различными: основаниями (с якорем или конусного вида), размерами, опознавательными знаками. К верхней площадке центра крепится специальная металлическая марка с обозначением центра в виде отверстия, наименованием и его нумерацией. Над этим отверстием и устанавливаются геодезические приборы для полевых измерений.

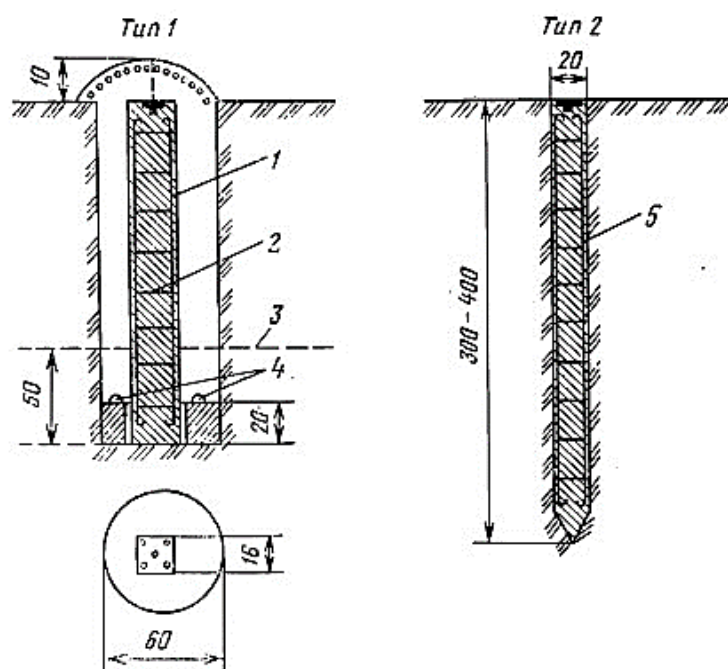


Рис. 1.1. Типовые центры

Марка центра ГГС Иногда закладывается в двух местах, но один из них на большей глубине. В случаях уничтожения одного всегда появлялась возможность использовать другой центр. При этом естественно требовалось убедиться в их устойчивости и соответствии исходных данных на них.

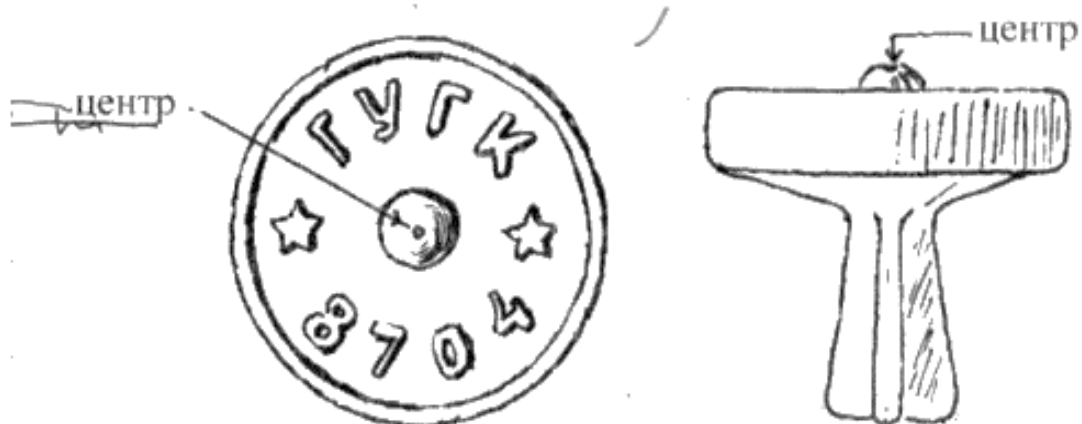


Рис. 1.2. Марка центра

Наземные знаки ГГС предназначены для визуального определения местоположения центров и ориентирования с возможностью визирования на них при геодезических измерениях с соседних пунктов. Все эти сигналы могут быть различных конструкций и видов:

- туры;
- простые пирамиды;
- простые сигналы;
- сложные сигналы.

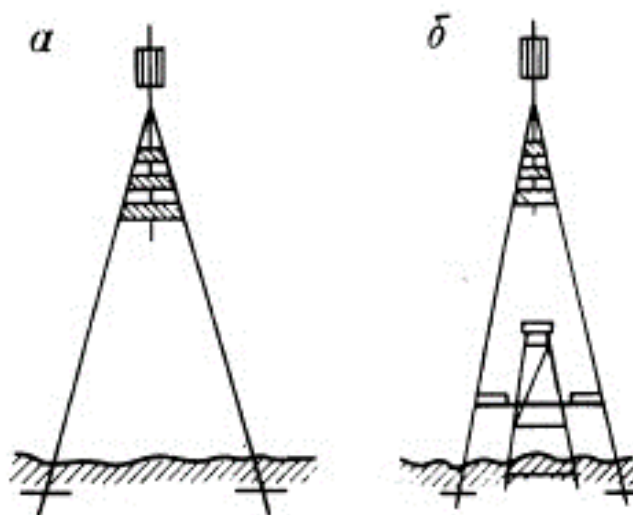


Рис. 1.3. Тур, простые пирамиды

Выбор наружных знаков во многом зависит от рельефа местности и видимости, позволяющей выполнять измерения между соседними пунктами. Требования к ним предъявляются так же строгие, как и к внутренним центрам пунктов. Ввиду того что они являются элементом измерительного процесса с визирными целями наверху вся конструкция должна обладать прочностью, устойчивостью, жесткостью.

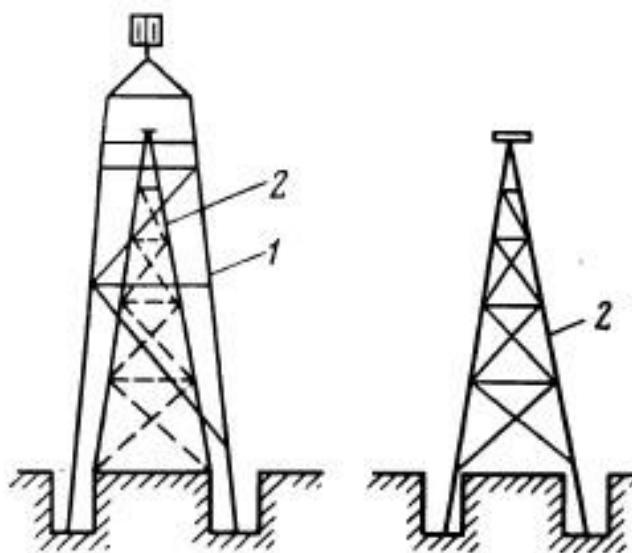


Рис. 1.4. Простые сигналы

Расчет и разработка всех применяемых видов конструкций на все эти характеристики естественно выполняют на основании теории сопротивления материалов.

Устойчивость конструкций от влияния боковых (ветровых) нагрузок достигается выбором ширины между стойками пирамид и глубиной их заложения в грунт. Последняя величина варьируется от одного метра до полутора при устройстве простых пирамид и сигналов. И двух – двух с половиной метров при установке сложных конструкций сигналов.

Ветровые нагрузки разных направлений могут вызывать кроме опрокидывания малоустойчивых конструкций, еще и изгибание и колебания этих наружных сооружений. Поэтому к ним предъявляется особое требование быть жесткими до такой степени, что позволило бы выполнять геодезические измерения при скорости ветра до пяти метров в секунду.

Для выдерживания всех как внешних, так и внутренних нагрузок наземные сигналы должны иметь прочность отдельных узлов и всей конструкции в целом.

Особо стоит отметить визирные цели, устроенные в верхней части наземного знака. Они состоят из металлических цилиндров (труб) с приваренными к ним радиальными пластинами. Устанавливаются строго

отвесно относительно вертикальной оси для правильного наведения на цель, точно выверенную и выставленную симметрично оси по геометрической схеме.

Высота наружных знаков ввиду их возможного разнообразия может быть различной и не совпадать с изначальными расчетами. Как правило, она колеблется от пяти до сорока метров. Окончательная высота и место закладки определяют в период рекогносцировки. Конструкции наземных знаков предусматриваются в специально предусмотренном для этого руководстве по их постройке.

Значительная высота сложных сигналов наводит на мысль, что использоваться совместно с пунктами в геодезических сетях могут наружные знаки в виде высотных и отдельно стоящих сооружений:

- телевизионных и радиотрансляционных вышек;
- световых навигационных маяков;
- высотных производственных труб;
- отдельно стоящих водонапорных башен;
- характерных ориентирных точек (шпили) на высотных зданиях;
- точек на башенных копрах, то есть специальных капитальных сооружений над вертикальными стволами в районах подземной добычи угля (Донецкий, Кузнецкий, Печорский регионы страны).

Координаты на высотных точках таких сооружений также определяются измерениями. В дальнейшем, возможно, их применение в различных геодезических работах. Они могут быть использованы и в качестве ориентирных центров.

Ориентирные знаки устанавливаются на пунктах государственных геодезических сетей I, II, III, IV классов. Название этих знаков говорит само за себя. Они служат ориентирами для наведения на геодезические пункты. Закрепляются на местности на выбор железобетонными или металлическими опознавательными столбами. Состоят из собственно центра (столба), марки и, так называемой охранной табличкой из нержавеющей металла с надписью

о том, что это ориентирный пункт и охраняется государством. Этот важный аспект говорит о важности сооружений, что они находятся в сфере интересов и под защитой государства. Кроме этого ориентирные пункты устраиваются в поле зрения оптики геодезических инструментов на расстояниях от центров в пределах пятисот - тысячи метров. Вокруг ориентирных пунктов прокапываются канавки радиусом один метр. Вынутый из нее дерн используют для обкладывания внешнего ее контура, а землю - для обустройства кургана вокруг центра.

Геодезические пункты практически всегда внешне представляют собой курганы на определенной высоте. Возможно, это такая техническая находка для поднятия знака на необходимую высоту с определенной экономической целесообразностью по укладке вынутого грунта и почвенного слоя вокруг пункта. Может быть это связано с тем, что уровень грунтовых вод должен находиться более пяти метров от земной поверхности в месте его расположения. Вообще существует ряд требований при выборе мест для закладки геодезических пунктов:

- сейсмическая устойчивость;
- не сложный рельеф;
- отсутствие препятствий;
- возможность проезда к месту работ на автомобильном транспорте круглогодично;
- удаленность от ЛЭП на расстояние более, чем на 100 метров;
- отдаленность от места постоянного проведения земляных работ более, чем на 1 км;
- дальность от пунктов базиса до железнодорожных путей не менее 100 метров, а до автодорог не менее 15 метров [23].

1.4. Государственная геодезическая сеть.

Государственная геодезическая сеть предназначена для решения следующих задач:

- установка единой системы координат на территории России;
- геодезическое обеспечение картографии, изучения земных ресурсов, строительства, кадастра;
- обеспечение координатными данными средств навигации;
- изучение гравитационного поля Земли;
- обеспечение высокоточных средств измерения.

Для обеспечения возможностей решения указанных задач современная ГГС включает следующие построения:

- фундаментальную астрономо-геодезическую сеть;
- высокоточную геодезическую сеть;
- спутниковые геодезические сети 1 класса;
- астрономо-геодезическую сеть пунктов триангуляции и полигонометрии 1 и 2 классов;
- геодезические сети сгущения 3 и 4 классов, построенные методами триангуляции и полигонометрии [24].

Пункты Государственной геодезической сети определяются в системе координат СК-95, системе координат ГСК-2011 и балтийской системе высот.

Для решения задач, связанных с определением координат и высот, в дополнение к ГГС создаются геодезические сети специального назначения.

Кроме государственной геодезической сети на территории страны созданы государственная нивелирная сеть и государственная гравиметрическая сеть.

Государственная нивелирная сеть распространяет на территорию страны, в том числе и на пункты ГГС, единую Балтийскую систему

нормальных высот. Современная ГНС создается в соответствии с «Инструкцией по нивелированию I, II, III и IV классов» [15].

ГНС России подразделяется на нивелирные сети I, II, III и IV классов. Сети I и II классов являются главной высотной основой страны. Сети III и IV классов определяются от пунктов сетей I и II классов. Нормальные высоты передаются на пункты ГНС от нуля Кронштадтского футштока. В настоящее время нормальные высоты определяются в Балтийской системе 1977 года. В этой системе определены нормальные высоты всех пунктов ГНС методами геометрического или тригонометрического нивелирования [18].

Государственная гравиметрическая сеть служит для распространения на территорию страны единой гравиметрической системы. В состав государственной фундаментальной гравиметрической сети входят пункты ФАГС, создаваемой как составная часть ГГС.

1.5. Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть является геодинамической сетью России. Она выполняет задачи повышения точности пунктов ГГС, определение изменения координат пунктов во времени. Часть пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети относятся к пунктам Международной геодинамической сети IGN.

ФАГС включает в себя сеть постоянно действующих и периодически определяемых в пространстве пунктов. На данных пунктах определены значения нормальных высот, и абсолютных значений силы тяжести. Высоты определяются Балтийской системой высот России а ускорения силы тяжести на основе фундаментальной гравиметрической сети.

Расстояния между смежными пунктами ФАГС составляют 650-1000 км.

Международные пункты ФАГС уравниваются в системе координат ITRS. Реализацией каждого уравнивания является каталог координат с их оценкой точности в системе ITRS конкретного года. Например, точность координат 14 международных пунктов ФАГС в системе ITRF-2000

характеризуется средней квадратической ошибкой 2-4 мм. Такая точность взаимного положения пунктов ФАГС в системе ITRS позволяет значительно повысить точность положений пунктов ГГС в системе СК-95.

По результатам уравнивания пунктов в системе ITRS вычисляются скорости изменения координат пунктов. Изменение положений пунктов ФАГС необходимо учитывать при уравнивании высокоточной геодезической сети в системе СК-95.

Результаты наблюдений на пунктах ФАГС используются при модернизации геоцентрической системы ПЗ-90. Так, в модернизированной системе координат ПЗ-90.02 долготная ориентировка и линейный масштаб приближены к значениям, принятым в системе ITRF-2000 [25].

1.6. Высокоточная геодезическая сеть

Основная задача построения высокоточной геодезической сети - повышение точности системы координат СК-95. Высокоточная геодезическая сеть служит основой для построения спутниковых сетей первого класса. Полагаясь на результаты уравнивания спутниковой геодезической сети строится карта высот квазигеоида над эллипсоидом Красовского в системе СК-95. Также ВГС распространяет международную геоцентрическую систему ITRS.

Сети спутниковой геодезической сети создаются отдельно для городов и регионов. Развитие сети не должно переуравнивать ранее построенные спутниковые сети в соседних регионах. Таким образом высокоточная геодезическая сеть создается как единая сеть, дополняющая стабильность системы координат СК-95.

В соответствии с «Постановлением об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы» пункты ВГС определяются относительным методом космической геодезии, обеспечивающим точность взаимного положения со средними квадратическими ошибками, не превышающими

$3 \text{ мм} + 5 \cdot 10^{-8}D$ (где D - расстояние между пунктами) по каждой из плановых координат и $5 \text{ мм} + 7 \cdot 10^{-8}D$ по геодезической высоте. Каждый пункт ВГС связан измерениями со смежными пунктами ВГС и ближайшими пунктами ФАГС.

Также на пунктах высокоточной геодезической сети определены нормальные высоты и ускорение силы тяжести. Пункты ВГС привязаны к пунктам государственной нивелирной сети I, II классов или совмещены с ними. Нормальные высоты совместно с гравиметрическими данными используются для создания карты (цифровой модели) высот квазигеоида над эллипсоидом Красовского в системе СК-95 на территорию страны [25].

На основе спутниковых наблюдений в ВГС определены разности пространственных прямоугольных координат сторон ΔX , ΔY , ΔZ в системе WGS-84 и их ковариационные матрицы. В результате уравнивания измеренных разностей координат вычисляются координаты пунктов в референцной системе СК-95, поэтому исходным пунктом ВГС является Пулково [26].

1.7. Сети триангуляции и полигонометрии

Первые геодезические сети в России, как и во всех странах, создавались методом триангуляции. Позже, с появлением точных светодальномеров, для развития государственной геодезической сети стал применяться метод полигонометрии.

В государственных сетях триангуляции требовалось устанавливать координаты исходного пункта сети. Во многих странах, а первоначально и в России, в качестве геодезических координат исходного пункта были назначены астрономические широта и долгота. Исходным пунктом государственной геодезической сети России является Пулково. При установлении системы координат 1942 года геодезические широта и долгота Пулково были вычислены с астрономическими координатами при условии, что среднее в ГГС значение отклонения отвесной линии должно быть близким

к нулю. Геодезическая высота Пулково соответствует условию о том, что высота квазигеоида над эллипсоидом Красовского равна нулю. Пространственные координаты исходного пункта Пулково, назначенные для государственной геодезической сети триангуляции, остаются неизменными и для спутниковых сетей.

Государственная геодезическая сеть, уравненная в системе координат 1995 года, подразделяется на астрономо-геодезическую сеть 1-2 классов и геодезические сети сгущения 3, 4 классов [15].

В АГС определено более 164 тысяч пунктов. На каждом пункте измерены горизонтальные углы. Измеренные углы редуцированы на поверхность эллипсоида Красовского.

На астрономических пунктах АГС получены по наблюдениям звезд астрономические азимуты, широты и долготы. Астрономические азимуты пересчитаны в геодезические азимуты. В сетях триангуляции 1 и 2 классов измерены также около 2.8 тысячи базисных сторон (расстояний), расположенных через 170-200 км.

С использованием измеренных астрономических широт и долгот и гравиметрических данных, полученных по гравиметрическим картам масштаба 1:1000000 и крупнее, определены на астропунктах методом астрономо-гравиметрического нивелирования высоты квазигеоида над эллипсоидом Красовского.

На основе результатов астрономо-гравиметрического нивелирования была составлена карта высот квазигеоида, которая использовалась для редуцирования базисных сторон триангуляции и расстояний в сетях полигонометрии на эллипсоид Красовского. После уравнивания АГС составлена новая карта высот квазигеоида над эллипсоидом Красовского в системе координат 1995 года.

Геодезические сети триангуляции 3, 4 классов созданы в соответствии с «Инструкцией о построении государственной геодезической сети СССР». По этой же Инструкции создавались сети полигонометрии 3 и 4 классов.

Однако основная часть сетей полигонометрии 4 класса соответствует требованиям «Инструкции по полигонометрии и трилатерации». В таких сетях могли быть очень короткие стороны, но не менее 250 м.

В сетях триангуляции 3 и 4 классов измерялись только горизонтальные углы, а в сетях полигонометрии 3, 4 классов - углы и расстояния. Углы редуцированы на поверхность эллипсоида Красовского.

Для измерения углов и расстояний в сетях триангуляции и полигонометрии, как правило, нужны высокие наружные знаки - сигналы и пирамиды. Постройка и восстановление наружных знаков требуют больших денежных затрат. Кроме-того точность взаимного положения пунктов триангуляции и полигонометрии значительно ниже чем в спутниковых сетях. В связи с этим триангуляция и полигонометрия больше не будут применяться в ГГС, но результаты прежних измерений будут переуравливаться по мере создания спутниковых геодезических сетей 1 класса.

При использовании прежних измерений следует иметь в виду, что в инструкциях по полигонометрии не было формулы приведения расстояний, измеренных светодальномерами, к центрам пунктов. Вычислялись не пространственные расстояния между центрами пунктов, а проекции этих расстояний на эллипсоид, т. е. длины геодезических линий. При вычислении длин геодезических линий используются высоты квазигеоида над эллипсоидом. Современные карты высот квазигеоида отличаются от тех, с которыми были вычислены расстояния в полигонометрии. Это обстоятельство необходимо учитывать при переуравливании сетей полигонометрии. На всех пунктах триангуляции и полигонометрии определены нормальные высоты в Балтийской системе. На большинстве пунктов высоты получены методом тригонометрического нивелирования, т.е. на основе измерения вертикальных углов. На части пунктов высоты определены геометрическим нивелированием IV класса [21].

1.8. Геодезические сети специального назначения

Геодезические сети специального назначения создаются для решения большого количества геодезических и картографических задач, данные сети дополняют Государственную геодезическую сеть. К ним относятся специальные геодезические сети на строительных площадках, полигонах, аэродромах, а также опорные межевые сети [14].

Геодезические сети специального назначения базируются на основе государственных геодезических систем координат и балтийской системы высот. Плоские прямоугольные координаты пунктов ГССН могут вычисляться в проекции Гаусса-Крюгера или в проекции Гаусса в местной системе плоских прямоугольных координат. В некоторых видах специальных сетей могут применяться государственная геоцентрическая система координат и международная земная система координат ITRS.

Пункты ГССН должны удовлетворять требованиям долговременной сохранности и стабильности положения.

К наиболее распространенным геодезическим сетям специального назначения относятся опорные межевые сети и специальные геодезические сети.

Опорные межевые сети предназначены для геодезического обеспечения работ по ведению государственного земельного кадастра, государственного мониторинга земель и землеустройства. Пункты ОМС, в частности, являются исходными при определении координат межевых знаков.

Плотность пунктов ОМС в городах и поселениях значительно больше, чем плотность пунктов ГГС. На пунктах ОМС определяются координаты в государственной системе геодезических координат и высоты в Балтийской системе. Плоские прямоугольные координаты пунктов ОМС вычисляются, как правило, в местных системах координат субъектов Российской Федерации, т. е в проекции Гаусса с местными координатными сетками.

Специальные геодезические сети создаются для топогеодезического обеспечения Вооруженных Сил. Плановые координаты и высоты пунктов СГС определяются с точностью 1 м . Плоские прямоугольные координаты пунктов СГС вычисляются в проекции Гаусса-Крюгера [14].

2. ОСНОВНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

2.1. Система координат WGS 84

Аббревиатура, означающая World Geodetic System, что переводится как глобальная опорная система, принятая на момент 1984 года с целью геодезического обеспечения ориентирования в мировом пространстве: космической, воздушной, морской и наземной навигации [27].

Система WGS-84 является астрономо-геодезической системой отсчета, которая вписывается в фигуру Земли. Параметрами системы отсчета WGS-84 являются:

- геоцентрическая прямоугольная система координат с началом в точке геометрического центра масс Земли;
- математическая основа, за которую принята форма эллипсоида вращения с конкретными геометрическими и физическими величинами
- гравитационная модель Земли, с определенными на конкретную дату величинами и их значениями.

Ориентирование оси OZ прямоугольной системы координат представлено в сторону условного направления на полюс, установленного в соответствии с данными международного бюро времени (ВН) на дату 1984 года. В пересечении плоскости нулевого меридиана (Гринвичского) с отклонением в 5,31 секунды к востоку и экваториальной плоскости ориентирована ось OX . Правосторонне направленная и перпендикулярная к оси OX в плоскости экватора, если можно так выразиться вторая плановая ось OY , завершает формирование геометрии отсчетной системы. Для исключения плавающего эффекта из-за движения земной коры, тектонических плит, ориентация осей X , Y , Z остается неизменной.

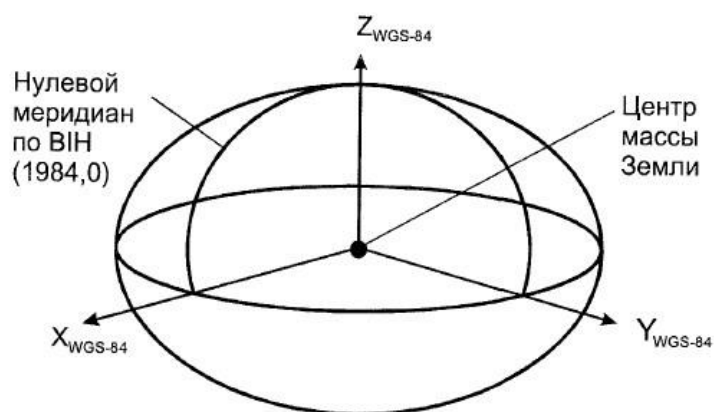


Рис. 2.1 Геоцентрическая WGS-84

Физическая ориентация осей X , Y , Z в WGS-84 определялась координатами на пяти контрольных станциях навигационной спутниковой системы GPS TRANSIT в дату 1984 года.

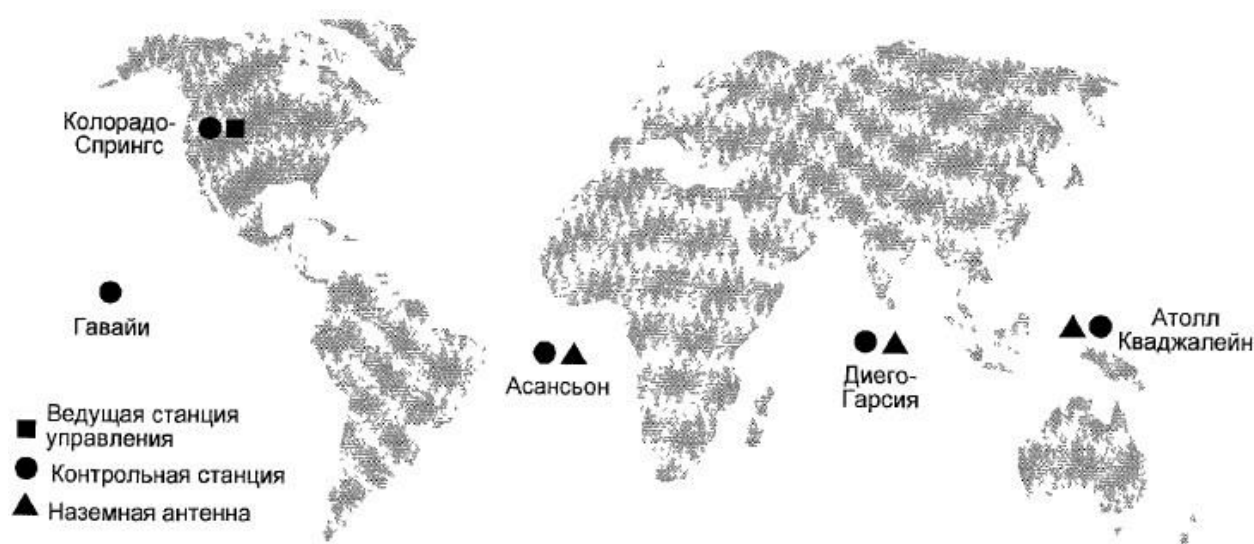


Рис. 2.2 Физическая ориентация на пунктах WGS-84

В дальнейшем количество опорных точек увеличилось до семнадцати и переопределялось два раза уже с применением действующей навигационной спутниковой системой GPS NAVSTAR. В 2002 году была принята последняя версия WGS-84, в которой была достигнута высокая точность определения прямоугольных координат (X , Y , Z), геодезических координат (B , L) и геодезических высот над уровнем сфероид (H). Таким образом, эллипсоид был привязан физически к земной поверхности.

2.1.1. Международная геодезическая система координат

Одновременно с началом действия WGS-84 в 1987 году были заложены основы новой мировой геодезической системы в рамках международной службы вращения Земли (IERS). Кроме других функциональных задач по оценке параметров Земли этой службе были применены международные: земная система отсчета (ITRS) и отсчетная система (ITRF). В системе отсчета (ITRS) определяются и устанавливаются параметры геодезической, математической, физической (гравиметрической) Земных моделей. В отсчетной основе (ITRF) происходит физическое построение и закрепление своего рода каркаса в виде опорных станций с фактическими их координатами, через которые реализуется практически глобальная геодезическая система [27].

В отношении фигуры Земли и определения, например, ее центра масс в качестве начала геоцентрической системы координат значительно сложнее. В качестве опорных меток для WGS-84 выступают контрольные станции, заложенные вдоль линии экватора. Система координат в WGS-84 и система отсчета в ITRS теоретически одинаковы. Однако, точность привязки к началу отсчета в центре масс нашей планеты выше ввиду того, что в отсчетной основе ITRF находятся сотни таких опорных меток. В настоящее время ITRF состоит из порядка 800 станций с GPS-приемниками. Время от времени проводятся работы по обновлению, уточнению и корректировке этой системы также, как и на станциях системы координат WGS-84.

В качестве перехода от квазигеоида к эллипсоиду вращения системы WGS-84 принимаются параметры, указанные в таблице 1.

Табл. 2.1. Основные математические и физические параметры WGS-84

Параметр	Значение
Большая полуось, a	6378137,0 м
Малая полуось, b	6356752,3142 м
Знаменатель сжатия, $1/\alpha$	298,257223563
Эксцентриситет, e	0,081819190842622
Квадрат эксцентриситета, e^2	0,00669437999014
Универсальная гравитационная постоянная, f	$6,673 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/\text{кг} \cdot \text{с}^2$
Гравитационная постоянная Земли (произведение гравитационной постоянной на массу Земли, включая атмосферу)	$3986004,418 \cdot 10^8 \text{ м}^3/\text{с}^2$
Средняя угловая скорость вращения Земли	$7292115,0 \cdot 10^{-11} \text{ рад/с}$
Коэффициент второй степени нулевого порядка модели гравитационного поля, $C_{2,0}$	-0,00484166774985
Нормальный потенциал эллипсоида, U_0	$62636851,7146 \text{ м}^2/\text{с}^2$
Ускорение силы тяжести на экваторе эллипсоида, g_e	$9,7803253359 \text{ м/с}^2$
Ускорение силы тяжести на полюсе эллипсоида, g_p	$9,8321849378 \text{ м/с}^2$
Скорость света в вакууме, c	299792458 м/с

Все размеры и параметры, которые принимают для использования в геодезии имеют свои значения, а также дату и время вычисления и наименование «датум». Самыми точными считаются параметры сети ITRF, которые ежегодно обновляются и контролируются методами спутниковых геодезических измерений.

2.2. Система координат ПЗ-90

ПЗ-90 считается геоцентрической системой отсчета в России. Основной целью ее создания являлось высокоточное обеспечение навигации, орбитальных полетов, и кроме этого решения практических вопросов по основным геодезическим, картографическим, прикладным работам [22].

С 1957 года, во времена первых запусков искусственных спутников земли, выполнялись научные исследования и подготовительные работы для использования космических аппаратов в геодезических целях. В 1962 году начались первые применения подобных технологий в области геодезии.

К 1963 году на территории СССР были установлены и отрегулированы более шестидесяти станций для астрономо-геодезических изысканий. Основным методом космической геодезии в те года был метод спутниковой триангуляции. В дальнейшем, разрабатывались новые методы, такие как лазерная альметрия, радиоальтиметрия, лазерная локация с Луны.

Развитие спутниковой геодезии происходило в трех направлениях с применением:

- пассивных ИСЗ (Геос, Эталон);
- специализированных ИСЗ (Гео-ИК);
- спутниковых навигационных систем (ГЛОНАСС, GPS Navstar) [9].

В ноябре 1967 года на орбиту был запущен первый Советский спутник для навигации «Космос 192». Первые специализированные спутниковые системы геодезической направленности серии Гео-ИК начали работать в космосе со второй половины 80-х. С их помощью были получены характеристики и параметры Земли ПЗ-85 в дальнейшем и ПЗ-90, как геоцентрической СК.

С 1982 года начался проект по созданию космической навигационной системы ГЛОНАСС запуском искусственных спутников Земли серии «Космос». В 1995 году завершилось ее формирование в количестве 24 спутников.

Новые возможности, появившиеся с использованием космических летательных аппаратов и космических технологий привели к разработке новых методов различных геодезических измерений, решению научных, военных вопросов. Возникла необходимость «перенастройки» геодезического мышления и форматирование его к современным реалиям.

В первую очередь необходимо создание более современных систем координат. Для ее получения были встроены новые, основанные на разных технологиях астрономо-геодезической станции и системы, а именно:

- пункты РСДБ с радиотелескопами составили целую глобальную сеть из 40 станций;
- сети лазерной локации ИСЗ, состоящие из 26 пунктов;
- доплеровская опорная геодезическая сеть, входящая в систему DORIS наряду с контрольными станциями и маяками на более, чем 50 пунктах.

Все эти средства применялись на основе методов спутниковых геодезических измерений с целью определения координат пунктов Государственной геодезической сети и получения геоцентрических параметров.

ПЗ-90 стала первой геоцентрической системой координат в России, в основе которой лежат данные космических измерений 1990 года. Необходимость постоянного совершенствования и переуравнивания системы определялась тем, что технологии навигации и космических полетов требовали повышения точности системы ПЗ-90 постоянно. Также необходимы были периодические уточнения параметров и математических величин Земли, для более точной навигации.

В 2007 году была введена Государственная система координат ПЗ-90.02, благодаря которой улучшились характеристики спутниковой аппаратуры ГЛОНАСС и повысилась точность геодезического обеспечения в России.

ПЗ-90.02 все так же считается геоцентрической системой координат. В ее составе находятся прямоугольная (X, Y, Z) и геодезическая (B, L, H) системы координат.

Положение прямоугольных осей координат располагается относительно условного центра масс Земли гравитационной модели с нулевыми значениями координат в ней, совмещенными с центром эллипсоида ПЗ-90.

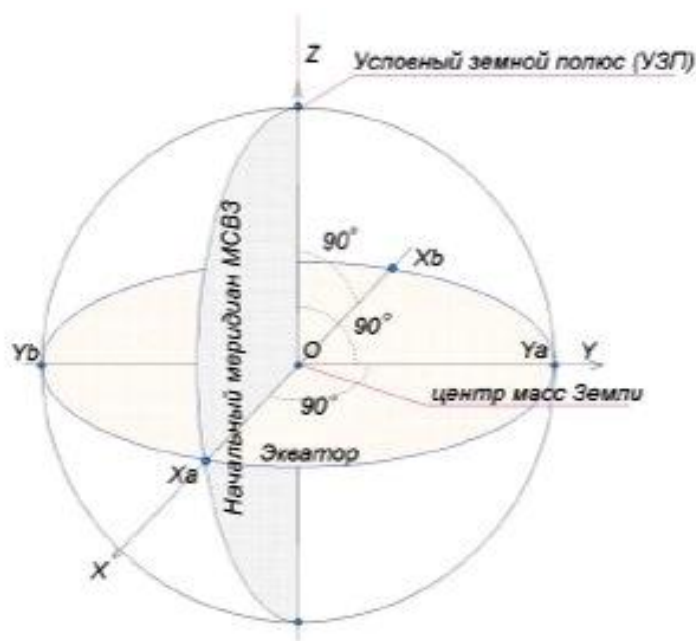


Рис. 2.3. Ориентирование координатных осей и системы отсчета геоцентрической прямоугольной СК (X, Y, Z,) версии ПЗ-90

Ось координат Z в соответствии с рекомендациями международной службы вращения Земли (IERS) ориентирована из их начала и в направлении условного земного полюса на дату 1984 года.

Ось координат X образуется пересечением плоскостей начального меридиана, установленного все той же IERS, и экватора.

Ось координат Y дополняет положение геоцентрической прямоугольной СК до правого.

Система геодезических координат (B , L , H) однозначно ориентирует ее относительно правильной поверхности эллипсоида ПЗ-90. При этом полюса в ней представлены особыми двумя точками, в которых геодезическая долгота (L) имеет нулевое значение и в них сходятся все меридианы.

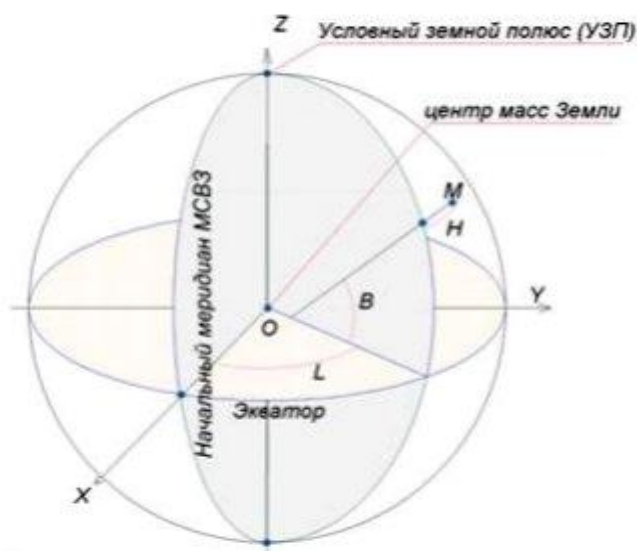


Рис. 2.4. Система геодезических координат (B, L, H).

Данные ПЗ-90 в виде фундаментальных геодезических констант, параметров и величин земного эллипсоида согласуются с ИКД ГЛОНАСС. Числовые значения последней версии ПЗ-90.11 представлены в таблице 2.

Табл. 2.2. Геодезические константы и основные параметры ПЗ-90

Параметр	Значение
Средняя угловая скорость вращения Земли (ω_z) относительно точки весеннего равноденствия	$7,292115 \cdot 10^{-5}$ рад/с
Геоцентрическая константа гравитационного поля Земли с учетом атмосферы (GM)	$398600,4418 \cdot 10^9$ м ³ /с ²
Геоцентрическая константа гравитационного поля атмосферы Земли (GM_a)	$0,35 \cdot 10^9$ м ³ /с ²
Скорость света в вакууме (c)	299792458 м/с
Большая (экваториальная) полуось общеземного эллипсоида ПЗ-90 (a_c)	6378136 м
Величина полярного сжатия общеземного эллипсоида ПЗ-90 (a)	1/298,257839303
Величина гравитационного ускорения на экваторе общеземного эллипсоида (γ_a)	978032,84 мГал
Поправка в ускорение нормальной силы тяжести за притяжение атмосферы на уровне моря ($\delta\gamma_{атм}$)	-0,87 мГал
Зональный гармонический коэффициент второй степени (J_2^0)	$1082625,75 \cdot 10^{-9}$
Зональный гармонический коэффициент четвертой степени (J_4^0)	$-2370,89 \cdot 10^{-9}$

Зональный гармонический коэффициент шестой степени (J_6^0)	$6,08 \cdot 10^{-9}$
Зональный гармонический коэффициент восьмой степени (J_8^0)	$1,40 \cdot 10^{-11}$
Нормальный потенциал на поверхности общеземного эллипсоида ПЗ-90 (U_0)	$62636861,4 \text{ м}^2/\text{с}^2$

Последняя версия государственной системы координат «Параметры земли», сокращенно ПЗ-90.11 были введены для практического применения в 2017 году. Помимо этого, основной системой отсчета была утверждена система координат ГСК-2011[18].

Все значения параметров ПЗ-90.11 определялись из разносторонней измерительной информации совместно обработанной и уравненной по МНК. Основным способом для обработки измеренных данных был динамический метод.

В опорную сеть ГСК ПЗ-90.11 входят геодезические пункты ГСК, СНС ДОРИС и IGS, схема пунктов этой сети приведена на рисунке.



Рис. 2.5. Схема расположения пунктов КГС (Анадырь), IGS (Билибино), DORIS (Южно-Сахалинск) на территории России

2.3. Система координат СК-42

История ее возникновения относится к появлению другой, вернее первой единой системы координат значительной части страны, оформленной в 1932 году и имеющей аббревиатуру СК-32.

На момент индустриального рывка в 30-е годы XX века в нашей стране был запрос на полное картографирование всей территории страны. Для этого возникала необходимость в формировании общей геодезической сети всей страны с максимальной точностью в кратчайшие сроки. А по результатам этих измерений в последствие делать выводы, определяться с общенациональной системой координат, точками ее отсчета, с вычислениями параметров Земли, математическими и физическими ее величинами.

Так вот, для выполнения всего этого на Дальнем Востоке и Восточной Сибири, начиная с 1934 года, производились работы по устройству на этой территории страны астрономо-геодезической сети. Исходным пунктом для этого приняли геодезический пункт «Черниговский» возле города Свободный с исходным астрономическим азимутом на пункт «Гашенский» и астрономическими координатами. Эти астрономические данные приравнены к геодезическим данным по подобию СК-32. Высоты в исходном пункте «Черниговский» были также приравнены к нулю в уровенной поверхности геоида и референц-эллипсоида Бесселя, который был принят за правильную поверхность. В результате этих работ по названию города уравниваемая сеть и система координат получила название «Свободненская» с датой 1935 года и аббревиатурой СК-35 [22].

В 1936 году в районе города Красноярска были соединены общими пунктами две АГС. В результате чего получили сравнение Пулковская (СК-32) и Свободненская (СК-35) системы координат. При получении в наземных измерениях триангуляционных сетей довольно высокой точности, отклонения оказались существенными (-270м, +790м). Кроме этих двух

систем, точно по таким же принципам выбора и ориентирования начальных исходных данных, использовались в разных регионах и другие Магаданско-Дебинская, Петропавловская, Ташкентская системы координат. В них также применялся эллипсоид Бесселя с его параметрами и размерами.

В 1937 году были собраны сведения по всем имеющимся полигонам астрономо-геодезических сетей с формированием каталогов координат. В 1939 году выходят Основные положения ГГС со схемой построения на основе принципов Красовского «от общего к частному», которые соответствовали техническим условиям, экономическим возможностям страны и развивались в дальнейшем.

Так в 40-х годах XX столетия были выполнены колоссальные по объему работ уравнивания общей астрономо-геодезической сети с количеством 4733 пунктов, 87 полигонами и протяженностью порядка 60 тысяч км. В результате полученных данных в центральном НИИ геодезии, аэросъемки и картографии начались работы по определению параметров референц-эллипсоида применительно к территории нашей страны. В то же время велись работы по астрономо-геодезическому нивелированию и вычислению высот геоида.

Результатом этих работ стало получение новых параметров эллипсоида, который в последствие назвали именем Ф.Н. Красовского. А систему координат, принятую для всей страны, учредили в 1946 году. Но дата окончания работ 1942 года стала отправной точкой в ее наименовании СК-42. С 1943 года в главном управлении геодезии и картографии в соответствии с внутренним приказом стали устанавливать исходные геодезические даты. Так в референц-эллипсоиде Красовского основными исходными параметрами (датами) являются:

Табл. 2.3. Основные параметры СК-42

Параметр	Значение
Большая полуось эллипсоида	6378245,000 м
Малая полуось эллипсоида	6356863,019 м
Сжатие эллипсоида	1/298,3
Геодезические координаты пункта Сигнал А, возле обсерватории Пулковской	B=59°46'15,359" L=30°19'28,318"
Геодезический азимут Сигнал А – Бугры	121°06'42,305"

Стоит отметить, что в 1948 году были внесены уточнения по поводу исходных пунктов в системе СК-42. За исходный пункт ГГС был принят Сигнал А, находящийся в двух сотнях метров от центра в зале Пулковской обсерватории. Практически на всех топографических картах, планах, планшетах СССР была указана система координат, в которой они выполнены и таковой была СК-42. Так что ее можно называть картографической системой координат. Выше не было сказано о том, что для перехода на плоскую систему координат, которой и является СК-42, был использован метод проецирования земной поверхности на плоскость по имени немецких ученых Гаусса-Крюгера. Ее еще называют равноугольной в связи с тем, что после проецирования углы в ней не претерпевают искажений.

По своей геометрической сути СК-42 является поперечно-цилиндрической проекцией эллипсоида Красовского. Что имеется в виду. Все меридианы эллипсоида, находящегося в цилиндре и имеющего с ним одну линию соприкосновения (экватор), проецируются на его внутреннюю поверхность. После чего вся боковая поверхность цилиндра разворачивается на плоскости, что и говорит о ее плоскостном характере. Важно уточнить, что эллипсоид условно делится на шестиградусные зоны, количество которых будет равняться 60. Поэтому СК-42 можно еще назвать прямоугольной зональной системой координат. Она предусматривает проецирование каждой из 60 зон отдельно. И такой способ проецирования дает минимальные линейные и площадные искажения. Вдоль осевых

меридианов каждой зоны эти искажения нулевые. А вот к краям зон они достигают максимальных значений, равных отношению $1/750$ [28].

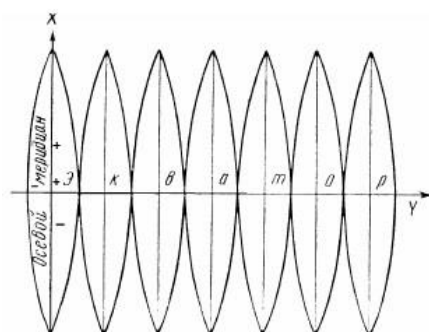


Рис. 2.6. Прямоугольная зональная СК-42

Каждую шестиградусную зону СК-42 можно считать отдельной координатной системой со своим началом в точке пересечения меридианов и экватора, которые являются осями координат соответственно X и Y . Тогда все абсциссы выше экватора имеют положительные значения, а ниже – отрицательные. В России все координаты имеют положительные значения. Для того чтобы избежать ненужных отрицательных значений по ординатам, начало координат смещено в каждой зоне по оси Y на 500000 метров.

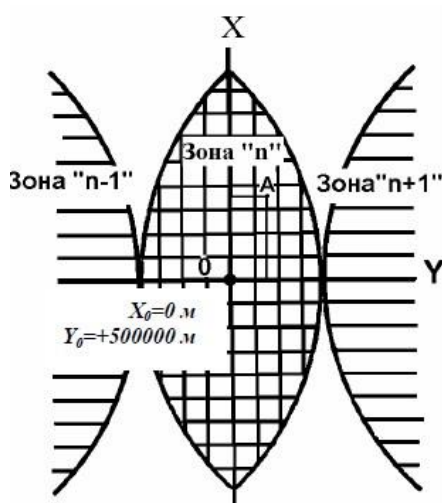


Рис. 2.7. Координатная система в отдельной зоне.

Даже самая западная граница практически любой зоны имеет координату Y со значением в районе +165 м. Такое смещение начала координат по ординатам именуют ложным восточным сдвигом.

На территории нашей страны размещается 28 таких зон. Известно, что каждая конкретная точка в СК-42 имеет свою пару координат, которые имеют естественно метровые единицы измерения. Но вот сетки координат на топографических планах имеют различные разграфки в зависимости от масштаба. Так топографический план масштаба 1:50000 имеет километровую разграфку. Точка пересечения координатной сетки топографической карты с номенклатурой «N-37-133-B» в юго-западной части имеет такую пару координат «5768;7295». Это означает, что угловая точка пересечения находится в 5768 км к северу от экватора, в 7 зоне и в 205 км к западу от зональной оси абсцисс. Для топографической карты с номенклатурой «N-37-144-Г» точка пересечения сетки координат в юго-западной ее части имеет следующие координаты «5768;7690». Что в свою очередь означает нахождение точки в 5768 км севернее экватора, в той же 7 зоне и в 190 км восточнее осевого меридиана в этой зоне.

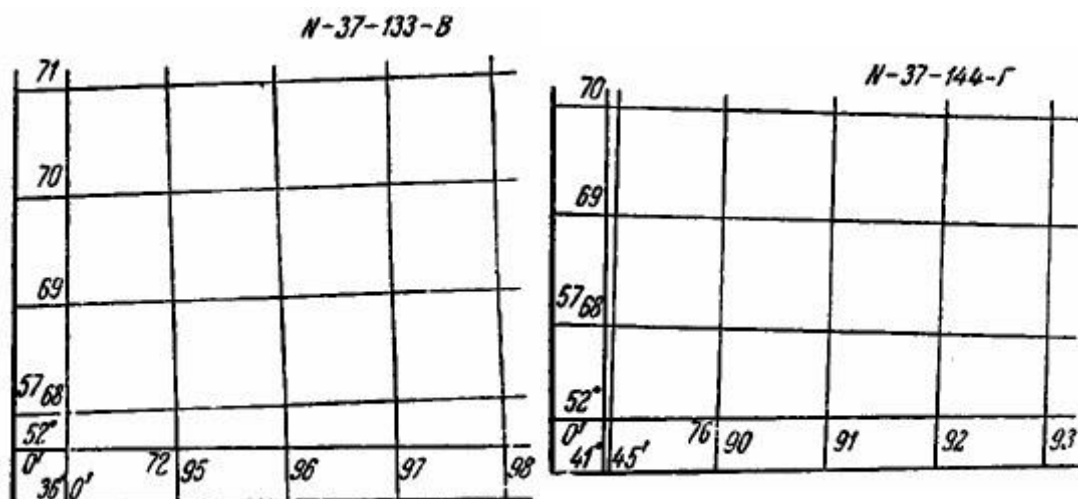


Рис. 2.8. Координатная сетка на карте масштаба 1:50000

Очевидно, что вся координатная сетка представляет собой прямоугольный вид с возможностью широкого спектра применения для практических целей с достаточной точностью получения результата.

СК-42 использовалась в экономической, оборонной и научной деятельности государства в течение более 50 лет. Ее установление можно считать государственным и профессиональным достижением геодезического сообщества. На ее основе производили построения все последующие координатные системы, такие как СК-95, ПЗ-90. И даже в настоящее время при отсутствии геодезических сведений в регламентированных системах координат СК-42 может быть использована и преобразована в необходимую из них, по соответствующим формулам перехода. Многие геодезические пункты СК-42 применяются до сих пор и участвуют только в составе и построениях, вновь созданных АГС и СК [29].

2.4. Система координат СК-95

На протяжении 60-70 годов XX века в соответствии с «Основными положениями ГГС-61» в стране велись основные геодезические работы по их дальнейшему развитию и топографическим съемкам масштабов 1:25000, 1:10000 и более крупных масштабов. На этом этапе формирования астрономо-геодезической сети (АГС) было создано 10525 геодезических пунктов, 1480 астрономических пунктов, задействовано и измерено 535 базисов, 1230 азимутов [30].

С 1982 по 1985 годы проводились подготовительные работы и сбор данных результатов измерений к уравниванию АГС страны, которое выполнялось последовательно несколькими этапами.

В астрономо-геодезической сети осуществлялось уравнивание сплошной свободной сети, которое было выполнено в 1991 году. Результатами по оценке качества АГС на этом этапе стали следующие величины:

Табл. 2.4. Результаты по оценке качества астрономо-геодезической сети на 1991 год [15].

Параметр	Значение
Общее количество пунктов уравненной астрономо-геодезической сети	164300 пунктов 7870 базисов 3580 пунктов Лапласа
СКП измеренных направлений I класса	0,52''
СКП измерений II класса	0,75''
СКП измерений астрономических азимутов	1,27''
Относительные погрешности измеренных линий I класса	1:377000
Относительные погрешности измеренных линий II класса	1:246000
Среднеквадратические поправки в азимуты	1,36''
Поправка по абсциссе	11,17 м
Поправка по ординате	8,26 м
Значение средней относительной поправки в длину линий	1:246000
Значения средний смещений по осям	X – 7,89 м Y – 4,23 м
Максимальные значения поправок при удалении в восточном направлении от начальных пунктов сети Пулково	X – 24 м Y – 27 м

Начиная с 1987 и до середины 90-х годов, в России стала формироваться Космическая ГС с применением искусственных спутниковых систем Гео-ИК и Доплеровская ГС, завязанная на СНС GPS Transit. КГС построена Военно-топографическим управлением ВС России. В ее основе содержалось 26 пунктов на всей территории России. ДГС создавалась главным управлением геодезии и картографии. С помощью доплеровских наблюдений в сети было задействовано 160 пунктов [22].

В 1993-1995 годы выполнялась математическая обработка и совместное уравнивание сразу трех сетей, а именно:

- Космическая геодезическая сеть;
- Астрономо-геодезическая сеть;
- Доплеровская геодезическая сеть.

К этим вычислительным работам были привлечены все пункты Космической и Доплеровской геодезических сетей, а также совместные, привязанные наиболее близко расположенные пункты АГС и охватывающие всю территорию страны.

Результатом этих работ стала новая сформированная из 134 геодезических опорных пунктов ГС, с помощью которых была сориентирована и задана система координат 1995 года с аббревиатурой СК-95.

Благодаря развитию новых методов геодезических измерений и применению спутниковых систем появились дополнительные методы создания геодезических сетей. Учитывая все научные и технологические подходы, для построения СК-95 применялись все возможности современной геодезии.

Начало пространственного положения СК-95 совпадало с СК-42 через одинаковые исходные данные ГГС в районе Пулково. Эллипсоид Красовского признан за отсчетную правильную форму в СК-95 с его параметрами. Также была установлена пространственная связь между прямоугольной СК-95 и геоцентрической ПЗ-90 системой координат, выраженная в математической форме:

$$\begin{aligned} X_{СК-95} &= X_{ПЗ-90} - \Delta X_0, \\ Y_{СК-95} &= Y_{ПЗ-90} - \Delta Y_0, \\ Z_{СК-95} &= Z_{ПЗ-90} - \Delta Z_0, \end{aligned}$$

где ΔX_0 , ΔY_0 , ΔZ_0 – приращения координат, на которые отличаются СК-95 от ПЗ-90 при пространственном ориентировании начала координат. Эти линейные элементы имеют следующие числовые значения:

$$\begin{aligned} \Delta X_0 &= +25,90 \text{ м}; \\ \Delta Y_0 &= -130,94 \text{ м}; \\ \Delta Z_0 &= -81,76 \text{ м}; \end{aligned}$$

Сама СК-95 ориентирована традиционным способом: ось Z совместима с малой полуосью эллипсоида, ось X в пересечении плоского нулевого (Гринвичского) меридиана и экватора, ось Y перпендикулярна обеим осям (X и Z) с правосторонним направлением.

Расположение пунктов в системе координат СК-95 можно получить как в плоских, так и в пространственных прямоугольных геодезических координатах.

В образовании СК-95 проявляется взаимосвязь с системой координат WGS-84 в рамках организации доплеровских наблюдений. Для практической деятельности необходимо проводить правильный перевод из одной системы в другую. Метод преобразования координат следующий: сначала координаты в системе СК-95 необходимо перевести в систему координат ПЗ-90, а уже затем переводить их в WGS-84 [31].

2.5. Местные системы координат

Местные системы координат в прошлом имели привязку именной к той местности или объекту, на которых выполняются инженерно-геодезические работы. Для выполнения работ в этой системе координат необходимо выбрать какую-либо начальную точку отсчета и ориентирование ее характерного направления. В разных странах или регионах применялись разные методы определения координат и их ориентирования, и все результаты разнились друг с другом.

Начиная с XVII века, у геодезистов всех стран возникает потребность в объединении или выработке единых: системы координат, мер измерений и геодезических принципов выполнения работ. К тому времени изобретается зрительная труба Галилео, способ триангуляции Снеллиуса. Возникают задачи по организации закрепления опорных геодезических пунктов. На основании геодезических измерений и вычислительной обработки получали опорные сети из пунктов с координатами на них в единой системе отсчета. К

1864 году в ряде стран Европы были построены триангуляционные сети. С ней была соединена часть триангуляции, проходящей по территории России.

Начало системы отсчета в России было заложено еще в XIX веке и в это же время намечена первая программа по развитию единой геодезической сети по всему государству руководителем военных топографов Померанцевым И. И., которая не смогла завершиться. Наиболее развитым регионом России в начале XX века в плане геодезических сетей считался район Донецкого каменноугольного бассейна. С 1910 по 1917 годы на его территории по инициативе профессора Баумана В. И. была создана опорная геодезическая сеть в новом на тот момент промышленном районе. Это было связано, в том числе и для маркшейдерского обеспечения горнодобывающей промышленности. Но так сложилось в нашем государстве, что из-за исторических событий, протяженной территории до середины 40-х годов XX века имела место не связанность координат геодезических пунктов. По сути, применялись разные системы отсчета, которые можно назвать местными системами координат (МСК) [32].

На европейской территории страны к 1932 году было закончено уравнивание государственной сети, начатой по программе ее строительства с 1928 года. Появилась система координат СК-32, которая получила развитие в Западной Сибири, на территории Казахстана и получила наименование «Пулковская».

В дальневосточном районе и восточносибирских регионах с 1934 года развивались отдельные геодезические сети в местных системах координат. К таким относятся: Свободненская, Алданская, Хабаровская системы. Соединив в 1936 году Пулковскую и Свободненскую системы отсчета через геодезические пункты в районе Красноярска были получены фактические плановые невязки со значениями: $\Delta X = -270$ м; $\Delta Y = +790$ м [32].

При развитии государственного геодезического обоснования в среднеазиатском регионе применялась Ташкентская местная система, на камчатском полуострове – Петропавловская, в северо-восточном округе – Магаданская МСК. Абсолютные высотные координаты также исходили от различных уровенных поверхностей, рядом соседствующих с ними морей от Балтийского до Японского, а также Черного, Каспийского и Охотского.

2.5.1. Переход от МСК к общей государственной системе и обратно

Отклонения в координатах пунктов в Пулковской и Свободненской системах на величину почти 800 метров даже на значительные расстояния в 7000 км привели к определенным предположениям. Выводы о несоответствии принятых параметров эллипсоида Бесселя, определенных в 1841 году, фактическим размерам Земли, в дальнейшем подтвердились. По новым расчетам референц-эллипсоида Красовского расхождение в значениях большой полуоси с эллипсоидом Бесселя составило 845 м. После уравнивания всех включенных пунктов астрономо-геодезической сети от Пулково до Дальнего Востока была создана единая государственная система координат 1942 года (СК-42).

На основе общегосударственной СК-42 в 1963 году была создана, новая распространенная по всей территории страны система координат СК-63. В это время происходил качественный технологический скачок, после запусков первых искусственных спутников Земли. Предположительно СК-63 возникла со специальными искажениями относительно СК-42 в разных регионах по разным параметрам с целью дополнительной секретности. Хотя характер секретности с появлением новой СК-63 почти не изменился. Может быть, даже информационные данные стали более доступными, в том числе для геодезистов и картографов. Полностью засекреченным, конечно, был алгоритм ее построения. СК-63 была выстроена блоками, охватывая все пространство страны. То есть практически каждый блок можно было считать местной системой отсчета [33].

Самое удивительное, что произошло в дальнейшем с СК-63. Изначально ее появление считалось как возникновение новой государственной системой координат, но в то же время на базе геодезических пунктов СК-42 со всеми ее погрешностями. Так как она создавалась с применением пересчета из СК-42 с угловыми разворотами и линейными смещениями по сетки координат для каждой зоны, на краях каждой из которых возможны наложения. Таким образом, ее можно характеризовать и как совокупность местных систем координат, соединенных между собой.

Дополнительно к этому следует отметить, что СК-63 все-таки не проекция Гаусса-Крюгера и способы редуцирования и определения поправок за эту составляющую в ней не оговорены. Но самое интересное, что вроде бы всегда стремились к наибольшему набору, охвату точек и полигонов в геодезических сетях, их уравнивания, для определения параметров Земли, возможностью определять координаты в любой точке земной поверхности и установления единых систем координат. В СК-63 произошло все до наоборот. Наверное, в первую очередь из-за режима секретности. А с другой стороны возможно изначально ее предназначение состояло в использовании для территорий ограниченных площадью в 5000 км² в пределах разных субъектов государства.

Отсюда следует определенный вывод, что местной системой координат можно считать любую условную систему отсчета в пределах ограниченной местности с обязательной привязкой координатной сетки через параметры перехода, так называемые «ключи». При невыполнении этого требования такая система считается условной. Очень часто условные системы используют при небольших одиночных объектах строительства в городской черте. МСК предусмотрена для ведения топографических работ, межевании земельных участков, ведении кадастрового учета в регионах [33].

3. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ

3.1 Инвентаризация пунктов государственной геодезической сети

Для получения наиболее точных измерений необходимо сначала проверить общее состояние пунктов Государственной Геодезической сети на местности. Учитывая тот факт, что пункты ГГС закладывались более 40 лет назад, а в процессе их эксплуатации должным образом не проводились мероприятия по их охране выясняется то, что не все пункты сохранились, однако они значатся в каталоге сайта «Росреестр по Томской области» [34]. Также, для проведения спутниковых геодезических измерений, необходима открытая местность, без лесных насаждений, способных внести значительные помехи в ходе выполнения измерений. Таким образом, для того чтобы найти наиболее подходящие пункты ГГС для выполнения выпускной квалификационной работы, была проведена инвентаризация пунктов Государственной геодезической сети.

Инвентаризация – это проверка наличия имущества путём сличения фактических данных с данными учёта.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы были обследованы пункты Государственной геодезической сети (ГГС) 1, 2, 3 и 4 класса. Пункты были исследованы в ходе выездных работ. В официальных источниках были получены координаты пунктов, по прибытию на место определялось следующее:

- фактическое наличие пункта на местности
- сохранность сигнала, опознавательного столба, центра и марки.

Данный каталог ГГС 1,2,3,4-го класса был получен с помощью интернета через сайт «Росреестр по Томской области».

Табл. 3.1

Пункты государственной геодезической сети 1,2,3,4-го класса,
исследованные в ходе проведения дипломной работы

Название	Класс	Высота знака, тип центра, номер марки (пункта)	Инвентаризационные данные
Ниж.Тугояковка	сигн. 2 кл.	25.3 м Центр 3 оп	Сигнал отсутствует, центр сохранен, марка в рабочем состоянии
Ключи	сигн. 1 кл.	43.8 м Центр 43	Сигнал отсутствует, центр сохранен, марка в рабочем состоянии
Коларово	пир. 2 кл.	5.3 м Центр 37 оп	Сигнал имеется, центр сохранен, марка в рабочем состоянии
Кисловка	сигн. 2 кл.	26.1 м Центр 39	Сигнал отсутствует, центр сохранен, марка в рабочем состоянии
Падун	сигн. 2 кл.	39.6 м Центр 39	Сигнал отсутствует, центр сохранен, марка испорчена
Сафроново	2 кл.	Центр 39	Сигнал отсутствует, центр сохранен, марка в рабочем состоянии
Жуковка	сигн. 2 кл.	36.6 м Центр 37	Сигнал отсутствует, центр сохранен, марка в рабочем состоянии
НижнееСечено	сигн. 1 кл.	25.6 м Центр 43	Сигнал отсутствует, центр сохранен, марка в рабочем состоянии
Колбиха	сигн. 2 кл.	38.5 м Центр 1 (17380)	Утерян
Орловка	сигн. 2 кл.	41.0 м Центр 3 (402)	Сигнал отсутствует, центр не найден, опознавательный столб имеется, охранная пластина отсутствует

Продолжение табл. 3.1

Ильичевка	сигн. 2 кл.	34.4 м Центр 3	Сигнал отсутствует, центр сохранен, марка в рабочем состоянии
Зональная станция	сигн. 3 кл.	20.6 м Центр 3 (84)	Сигнал отсутствует, центр сохранен, марка в рабочем состоянии, опознавательный столб имеется
Богашево	сигн. 3 кл.	25.2 м Центр 149 (3496)	Сигнал отсутствует, центр сохранен, марка в рабочем состоянии, опознавательный столб имеется
Петрово	2 кл.	Центр 3 (635)	Центр сохранен, марка в рабочем состоянии
Новомихайловка	сигн. 1 кл.	39.9 м Центр 39	Сигнал отсутствует, центр сохранен, марка в рабочем состоянии
Родионово	Пир. 3 кл	4.7 м Центр 3	Утерян
Заварзино	сигн. 2 кл.	37.0 м Центр 138	Сигнал отсутствует, центр закреплён рельсом
Лоскутово	сигн. 3 кл.	26.8 м Центр 149 (4491)	Сигнал отсутствует, центр сохранен, марка испорчена, опознавательный столб имеется
Кладбище	геознак на зд. 2 кл.	1.4 м Центр 82	Центр сохранен, марка в рабочем состоянии
Верховье Таловки	сигн. 1 кл.	39.4 м Центр 43	Сигнал отсутствует, центр сохранен
Каштак	геознак на зд. 3 кл.	0.7 м Центр 82	Утерян
Мичуринский	геознак на зд. 3 кл.	1.4 м Центр 52	Марка отсутствует, центр отсутствует
Фруктовый	геознак на зд. 3 кл.	1.4 м Центр 52	Центр сохранен, марка в рабочем состоянии

Кладбище	геознак на зд. 2 кл.	1.4 м Центр 82	Центр сохранен, марка в рабочем состоянии
Южный	геознак на зд. 3 кл.	1.2 м Центр 82	Центр сохранен, марка в рабочем состоянии
Комсомольский	геознак на зд. 4 кл.	1.4 м Центр 82	Центр сохранен, марка в рабочем состоянии

При выполнении данной работы потребовалось определить местоположение пунктов государственной геодезической сети. Предоставлены данные в электронном виде, в XML формате, который с помощью открытых программных продуктов Квантум Гис и GoogleEarth, были обработаны и переведены в систему координат WGS – 84 для удобства их поиска. Существует два типа систем, каждая из которых в той или иной мере подходит для решения задач поиска: системы автомобильной спутниковой навигации и геодезические спутниковые системы. Автомобильные навигационные системы в большинстве случаев работают только с заложенными в них упрощенными картами и не содержат информации о пунктах ГГС. А также существуют спутниковые геодезические системы GPS.

В качестве решения был выбран следующий вариант системы поиска. В качестве системы навигации использовалась автомобильная навигационная система, в которую вручную вносятся данные о местоположении пунктов и совместно с ноутбуком осуществлять работу по поиску пунктов. Автомобильная навигационная система определяла направления, а в ноутбуке установлена программа GoogleEarth позволяющая определить более точное местоположения пункта на картах GoogleMaps по состоянию на 2019 год. Данная точность и обновлённость карт позволила безошибочно

добираться по дорогам общего пользования до пунктов. А с помощью спутниковой навигационной системы, которая использует 12-ти каналный навигационный приемник GPSTrex фирмы Garmin, находило расположение пункта, если он располагался удалённо от дорог общего пользования. GPSTrex фирмы Garmin ведет автоматическую запись текущей траектории.

Данные, получаемые со спутников, один раз в секунду непрерывно обновляются. Среднеквадратическая ошибка определения местоположения прибора составляет около 5 м. Среднеквадратическая ошибка расчета скорости в устойчивом состоянии – не более 0,05 м/с. Малые размеры (1,2х5,1х3 см) и вес (150г), водонепроницаемость корпуса, широкий температурный диапазон делают прибор удобным при работе в полевых условиях [35].

Данная система поиска была выбрана и протестирована при выполнении работ по определению и нахождению пунктов ГГС. С ее помощью за день были обнаружены 12 знаков Государственной геодезической сети. Площадь территории расположения пунктов ГГС составляет около 9900 км², расстояние между пунктами 1 класса составляет от 18 000 до 30 000 метров, 2 класса от 6 000 до 15 000 метров, располагаются на левой и правой стороне р. Томи, что увеличивало время переезда от пункта к пункту.

Системой поиска пунктов ГГС являются:

- простота и доступность технических возможностей и программных продуктов;
- возможность использования различных картографических материалов: фотопланов, космических снимков, топографических планов, электронных карт и даже атласов или совокупности этих данных;
- оперативное определение по карте оптимальных объездных и подъездных путей, мостов, населенных пунктов;
- возможность быстрого пересчета координат из любой системы в WGS-84;

- достаточно высокая точность определения плановых координат точек местности;
- возможность внесения информации на месте, например, о состоянии пункта, времени и даты работы на нем;
- навигация и геодезические вычисления осуществляются на доступном оборудовании и программном комплексе.

В ходе проведения инвентаризации пунктов государственной геодезической сети было выявлено, что геознаки на зданиях сохранились в большей степени, чем пункты, расположенные на земле. В следствии этого, было принято решение использовать их для определения координат пунктов ГГС, рис 3.1.



Рис. 3.1. Пункт ГГС 1263 Комсомольский 4 класс, расположенный на здании

Также было выявлено, что некоторые пункты утеряны, а у нескольких пунктов отсутствует центр, либо повреждена марка, данные пункты не подходят для дальнейшей работы с ними, рис 3.2.



Рис 3.2. Утерянный пункт ГГС 1281 Каштак 3 класс, расположенный на здании

Исходя из этого, для дальнейших расчетов, было выбрано 4 сохранившихся знака, расположенных на зданиях. А именно: 1264 Комсомольский 4 класс, 1263 Фруктовый 3 класс, 1253 Кладбище 2 класс, 1252 Южный 3 класс.

При выполнении работ по определению координат исходных пунктов использовались геодезические GPS/ГЛОНАСС приемники Topcon Hiper+

Табл. 3.2. Технические характеристики GPS/ГЛОНАСС приемника
Topcon Hiper+ [35]

Тип приемника	40 канальный интегрированный GPS+ приемник
Количество (стандартно)	40 GPS L1 (20 GPS L1+L2 в дни Cindirella)
Количество (опционально)	GD (20 GPS L1+L2); GG (20 GPS L1 + ГЛОНАСС), GGD(20 GPS L1+L2+ГЛОНАСС)
Отслеживаемые сигналы	GPS/ГЛОНАСС L1+L2 C/A код и несущая
Режимы измерений	Статика, Быстрая статика, Кинематика ПП, RTK
GPS антенна	GPS/ГЛОНАСС встроенная
Точностные характеристики	
Статика (план)	3мм + 0.5мм/км (L1+L2) 5мм+1.5мм/км (L1)
Кинематика (план)	10мм + 1мм/км (L1+L2)
Память и запись данных	
Встроенная память	до 128 Мб (до 1 Гб под заказ)
Частота записи данных	до 20 раз в секунду (20 Гц)
Управление	
Пользовательский интерфейс	4 индикатора
Управление	3 кнопки
Внешнее управление	Контроллеры FC-100, FC-2000 или стороннего производителя
Прием / передача данных	
Передача данных	RTCM SC104 v 2.1, 2.2, 2.3, 3.0, CMR, CMR+
ASCII формат	NMEA 0183 v 2.2
Частота	до 20 Гц
Питание	
Встроенные аккумуляторы	Li-Ion батареи
Время непрерывной работы	14 ч
Радио	
Радиомодем	Встроенный Rx (400-470МГц)
GSM и CDMA модемы	GSM в конфигурации (HiPer+ GSM)
Bluetooth	ver 1.1 comp

Табл. 3.3. Технические характеристики электронного тахеометра Nikon Nivo
5.M [35]

ЗРИТЕЛЬНАЯ ТРУБА	
Изображение	прямое
Диаметр объектива	45мм
Диаметр дальномера	50мм
Увеличение	30х
Разрешающая способность	3,0"
Угол поля зрения	1°20'
Минимальное фокусное расстояние	1,5м
Указатель	видимый лазер
УГЛОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ	
Система считывания	абсолютный датчик
Горизонтальный угол	один датчик
Вертикальный угол	один датчик
Точность	5"
Минимальный отсчет	1"
Компенсатор	двухосевой
ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ	
Диапазон измерений (хорошие условия)	
без отражателя	1,5м - 400м
на призму	
на одну призму	1,5м - 5000м
на отражающую пленку 50мм	1,5м - 400м
Точность	
без отражателя	
точный режим	
при t от -10°C до +40°C	±(3мм + 2ppm)
при t от -20°C до -10°C, от +40°C до +50°C	±(3мм + 3ppm)
на призму	
точный режим	
при t от -10°C до +40°C	±(3мм + 2ppm)
при t от -20°C до -10°C, от +40°C до +50°C	±(3мм + 3ppm)
Время измерения	
без отражателя	
точный режим	1,8сек.
режим слежения	1,0сек.
на призму	
точный режим	1,5сек.
режим слежения	0,8сек.

3.2. Методика выполнения измерений, используемая в ходе проведения работ

Поскольку одной из основных целей выполнения инженерно-геодезических изысканий является получение данных для разработки проектной документации для строительства, метод спутниковых геодезических измерений находит широкое применение при проведении данных работ. Метод спутниковых геодезических измерений имеет ряд преимуществ, позволяющих работать в любых погодных условиях и определяя координат с высокой точностью. Но также метод имеет ряд недостатков, таких как восприимчивость к помехам электромагнитного излучения, получение искажений при работе рядом с высокими объектами или деревьями и т.д. Поэтому, в практике кадастровых работ в чистом виде ГНСС технология практически не используется.

Можно выделить классы геодезических задач, где применяются ГНСС приемники:

- сгущение геодезической сети на картографируемой территории (статика);
- привязка локальной координатной системы к глобальным системам координат (статика);
- съемка объектов на местности (статика и кинематика);
- применение метода спутниковых геодезических измерений в фотограмметрических технологиях [37].

Чаще всего спутниковые геодезические измерения выполняются методом статического базирования, но это не мешает использовать кинематические методы. Основными факторами для выбора метода работ являются: требуемая точность координат, временные ресурсы, тип приемника и т.д. [38].

Для проверки планового местоположения пунктов ГГС были выбраны 4 пункта (Южный, Комсомольский, Фруктовый, Кладбище), чьи центры, при визуальном осмотре соответствовали требованиям закрепления на местности.

Наблюдения проводились 24.04.2020 года. Продолжительность сеанса наблюдения выбиралась таким образом, чтобы антенны получавшие сигналы со спутника работали одновременно, так на пункте Южный антенна принимала сигналы в течении 4 часов, Кладбище – 4 часа, Комсомольский – 4 часа, Фруктовый – 4 часа.

Благодаря тому, что сигнал, получаемый с искусственного спутника Земли, имеет сложную структуру происходит ситуация, при которой появляется многообразие способов обработки этих измерений. Кодовые наблюдения реализуются в самых простых по конструкции ГНСС приемниках. Из принятого со спутника сигнала частоты L1 выделяется C/A-код (тогда приемник называется одночастотным) или из частотных сигналов L1 и L2 выделяется P-код (двухчастотный приемник). Производится сравнение соответствующего кода с эталонным кодом, который генерирует сам приемник.

Точность определения координат при этом составляет:

1. для одночастотного (L1) приемника - 100м;
2. для двухчастотного (L1, L2) приемника - 16м.

Данные значения приведены для наблюдений режима «ограниченный доступ» SA. Для повышения точности измерений выполняются также фазовые наблюдения. В этом случае, в приемнике учитывается не только код, но и фаза несущей частоты (L1 или L2).

При выполнении спутниковых геодезических измерений применяются следующие методы измерений [39]:

1. Двухэтапный метод измерений – классический метод, предполагающий большое количество выполняемых избыточных измерений. И последующей камеральной обработке измерений, статистическим анализом полученных данных и определение наиболее точного положения приемника;

2. Усовершенствованный классический метод – метод, при котором помимо выполнения классических измерений производится многоэтапная

калмановская фильтрация, для выбора более точных фильтров Калмана с их оптимальными свойствами;

3. Метод замены антенн – наблюдения выполняются в две фазы различными приемниками. При этом при выполнении второй фазы измерений меняется антенна приемников;

4. Метод определения неоднозначности “в пути”, когда для определения целого числа периодов используют линейные комбинации сигналов L1 и L2 (суммы и разности).

При выполнении измерений, необходимых для выполнения выпускной квалификационной работы был выбран классический статический метод. Суть метода заключается в том, что приемники не перемещаются в течении всего наблюдаемого интервала, что позволяет получить наиболее точные координаты пунктов Государственной геодезической сети. Все приемники устанавливаются на пунктах одновременно и ведут измерения в течении 15 минут – 4 часов для определения целочисленной неоднозначности фаз в начале наблюдений. Также, длительное выполнение наблюдений позволят избежать погрешностей, связанных с меняющейся конфигурацией спутниковой системы. Одночастотные приемники применяются для измерения базовых проложений линий длиной до 10-15 км, двухчастотные же – для линий более 15 км (преимущества двухчастотных приемников заключаются в возможности адекватного моделирования эффекта воздействия ионосферы, а также меньшей продолжительности наблюдений для достижения заданной точности. При камеральной обработке измерений данные, полученные со спутниковых приемников, собираются вместе и обрабатываются в различном программном обеспечении для определения координат неизвестных пунктов. При использовании фазовых наблюдений получается следующая точность, положения координат:

1. Для двухчастотных приемников:

в плане: $5 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км} * D$;

по высоте: $10 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км} * D$;

2. Для одностотных приемников:

в плане: $5 \text{ мм} + 1 \text{ мм/км} * D$ - (при $D \leq 10 \text{ км}$);

$5 \text{ мм} + 2 \text{ мм/км} * D$ - (при $D > 10 \text{ км}$);

по высоте: $10 \text{ мм} + 2 \text{ мм/км} * D$).

В геодезической практике подобный метод измерений используются при выполнении большого количества задач. Например для контроля континентальных и национальных геодезических сетей, наблюдения состояний дамб и отвалов, мониторинга тектонических движений, наблюдения осадок фундаментов атомных станций и т.д.[40].

3.3. Сравнительный анализ данных, полученных при выполнении измерений в различных системах координат, с применением различного программного обеспечения

Для обработки измерений, полученных при определении фактических координат пунктов Государственной геодезической сети было использовано следующее программное обеспечение:

- Topcon Tools;
- Pinnacle;
- Credo DAT;
- PHOTOMOD;
- MapInfo;
- AutoCAD

Расчеты проводились в отделе геодезии организации «ООО УС БАЭС» г. Северск.

Применение такого количества программного обеспечения обусловлено целью, проанализировать наличие или отсутствие расхождений результатов обработки данных спутниковых измерений между ними.

В ходе обработки данных спутниковых измерений в программе Topcon Tools были получены координаты точек в глобальной системе координат

WGS-84. В программе Credo DAT при обработке получились значения координат отличающиеся от значений, полученных в Topcon Tools.

Табл. 3.4. Полученные координаты точек в системе координат WGS-84

Название пунктов	Topcon Tools		Credo DAT	
	B	L	B	L
1264 Фруктовый	56°28'47,36630"	85°00'44,56300"	56°28'47,468917"	85°00'44,848385"
1263 Комсомольский	56°28'35,71180"	84°58'44,59698"	56°28'35,814555"	84°58'44,882106"
1252 Южный	56°27'01,85806"	84°58'20,11454"	56°27'01,960712"	84°58'20,399528"
1253 Кладбище	56°27'02,94808"	84°59'25,20660"	56°27'03,050751"	84°59'25,491636"

Полученные координаты были переведены в государственную плоскую прямоугольную систему координат СК-42 в программных обеспечениях Topcon Tools, PHOTOMOD и Pinnacle.

Табл. 3.5. Координаты точек в системе координат СК-42

Название пункта	Topcon		Pinnacle	
	X	Y	X	Y
1253 Кладбище	6260615,350	15376118,701	6260605,813	15376113,681
1252 Южный	6260614,392	15375003,022	6260604,857	15374997,996
1264 Фруктовый	6263804,757	15377571,087	6263795,234	15377566,074
1263 Комсомольский	6263504,268	15375507,653	6263494,743	15375502,632

Табл. 3.6. Координаты точек в системе координат СК-42

Название пункта	Photomod		Credo DAT	
	X	Y	X	Y
1253 Кладбище	6260607,296	15376111,847	6260608,847	15376118,655
1252 Южный	6260606,339	15374996,163	6260607,889	15375002,970
1264 Фруктовый	6263796,714	15377564,236	6263798,268	15377571,049
1263 Комсомольский	6263496,223	15375500,797	6263497,779	15375507,605

Из полученных данных можно сделать вывод о том, что каждое программное обеспечение выдало разные значения координат.

Табл. 3.7. Отклонения значений координат относительно ПО Topcon Tools

Название пункта	Pinnacle		Photomod		Credo DAT	
	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY
1253 Кладбище	-9,537	-5,020	-8,054	-6,854	-6,503	-0,046
1252 Южный	-9,535	-5,026	-8,053	-6,859	-6,503	-0,052
1264 Фруктовый	-9,523	-5,013	-8,043	-6,851	-6,489	-0,038
1263 Комсомольский	-9,525	-5,021	-8,045	-6,856	-6,489	-0,048

Табл. 3.8. Отклонения значений координат относительно ПО Pinnacle

Название пункта	Topcon		Photomod		Credo DAT	
	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY
1253 Кладбище	9,537	5,020	1,483	-1,834	3,034	4,974
1252 Южный	9,535	5,026	1,482	-1,833	3,032	4,974
1264 Фруктовый	9,523	5,013	1,480	-1,838	3,034	4,975
1263 Комсомольский	9,525	5,021	1,480	-1,835	3,036	4,973

Табл. 3.9. Отклонения значений координат относительно ПО PHOTOMOD

Название пункта	Topcon		Pinnacle		Credo DAT	
	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY
1253 Кладбище	8,054	6,854	-1,483	1,834	1,551	6,808
1252 Южный	8,053	6,859	-1,482	1,833	1,550	6,807
1264 Фруктовый	8,043	6,851	-1,480	1,838	1,554	6,813
1263 Комсомольский	8,045	6,856	-1,480	1,835	1,556	6,808

Табл. 3.10. Отклонения значений координат относительно ПО Credo DAT

Название пункта	Topcon		Pinnacle		Photomod	
	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY
1253 Кладбище	6,503	0,046	-3,034	-4,974	-1,551	-6,808
1252 Южный	6,503	0,052	-3,032	-4,974	-1,550	-6,807
1264 Фруктовый	6,489	0,038	-3,034	-4,975	-1,554	-6,813
1263 Комсомольский	6,489	0,048	-3,036	-4,973	-1,556	-6,808

Исходя из полученных данных, невозможно сделать какие-либо выводы о стабильности сети, необходимо проверить взаимные расположения пунктов друг относительно друга.

Табл. 3.11. Линейная стабильность координат в СК-42

Название линии	Название ПО			
	Topcon	Pinnacle	PHOTOMOD	Credo DAT
1263 Комсомольский - 1264 Фруктовый	2085,205	2085,207	2085,204	2085,209
1252 Южный - 1263 Комсомольский	2933,613	2933,615	2933,613	2933,619
1252 Южный - 1253 Кладбище	1115,683	1115,685	1115,684	1115,685
1253 Кладбище - 1264 Фруктовый	3504,541	3504,547	3504,543	3504,548
1253 Кладбище - 1263 Комсомольский	2952,841	2952,846	2952,843	2952,848
1252 Южный - 1264 Фруктовый	4095,545	4095,55	4095,545	4095,552

Исходя из данных представленных в таблице, можно сделать вывод, что, несмотря на существенные расхождения координат, пункты достаточно стабильны друг относительно друга т.к. максимальное расхождение в горизонтальных проложениях между координатами, полученных с разных ПО не превышает 7 мм. Но контролем измерений в данной работе служит сравнительный анализ взаимного расположения координат точек относительно данных опорной геодезической сети, полученных из каталога.

Табл. 3.12. Линейная стабильность относительно исходной опорной сети в системе координат СК-42

Название линии	Название ПО				Исходные значения
	Topcon	Pinnacle	PHOTOMOD	Credo DAT	
1263 Комсомольский - 1264 Фруктовый	2085,205	2085,207	2085,204	2085,209	2085,010
1252 Южный - 1263 Комсомольский	2933,613	2933,615	2933,613	2933,619	2933,250
1252 Южный - 1253 Кладбище	1115,683	1115,685	1115,684	1115,685	1115,515
1253 Кладбище - 1264 Фруктовый	3504,541	3504,547	3504,543	3504,548	3504,129
1253 Кладбище - 1263 Комсомольский	2952,841	2952,846	2952,843	2952,848	2952,497
1252 Южный - 1264 Фруктовый	4095,545	4095,55	4095,545	4095,552	4095,045

Табл. 3.13. Линейные отклонения относительно исходной опорной сети в системе координат СК-42

Название линии	Название ПО			
	Topcon	Pinnacle	PHOTOMOD	Credo DAT
1263 Комсомольский - 1264 Фруктовый	0,195	0,197	0,194	0,199
1252 Южный - 1263 Комсомольский	0,363	0,365	0,363	0,369
1252 Южный - 1253 Кладбище	0,168	0,170	0,169	0,170
1253 Кладбище - 1264 Фруктовый	0,412	0,418	0,414	0,419
1253 Кладбище - 1263 Комсомольский	0,344	0,349	0,346	0,351
1252 Южный - 1264 Фруктовый	0,500	0,505	0,500	0,507

Исходя из данных вычислений, можно сделать вывод, что относительно опорной геодезической сети взаимное расположение пунктов в системе координат СК-42 не стабильно, т.к. относительные погрешности соответствующих линий не соответствуют допустимым, применяемым для соответствующих линий.

Табл.3.14. Относительные погрешности в системе координат СК-42.

Название линии	Название ПО				Допустимая относительная погрешность
	Topcon	Pinnacle	PHOTOMOD	Credo DAT	
1263 Комсомольский - 1264 Фруктовый	1:10692	1:10584	1:10747	1:10477	1:120000
1252 Южный - 1263 Комсомольский	1:8081	1:8036	1:8081	1:7949	1:120000
1252 Южный - 1253 Кладбище	1:6640	1:6562	1:6601	1:6562	1:250000
1253 Кладбище - 1264 Фруктовый	1:8505	1:8383	1:8464	1:8363	1:250000
1253 Кладбище - 1263 Комсомольский	1:8583	1:8460	1:8533	1:8412	1:250000
1252 Южный - 1264 Фруктовый	1:8190	1:8109	1:8190	1:8077	1:200000

В качестве дополнительного контроля измерений, электронным тахеометром Nikon Nivo 5.M было измерено горизонтальное проложение длины линии между пунктами 1252 Южный - 1253 Кладбище, которое составило 1115,530 м. Проведя сравнительный анализ между измеренной линией, линией полученной от опорной геодезической сети и полученной при обработке координат в СК-42, было установлено, что абсолютные погрешности, полученные от СК-42 превышают погрешность от опорной геодезической сети в 10 раз.

Табл. 3.15. Абсолютные погрешности относительно измеренного горизонтального проложения длины линии в системе координат СК-42.

Название ПО	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
Topcon	-0,153	1:7291
Pinnacle	-0,155	1:7197
PHOTOMOD	-0,154	1:7244
Credo DAT	-0,155	1:7197
ОГС	0,015	1:74369

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что СК-42 не целесообразно использовать для выполнения геодезических работ при проведении инженерно-геодезических изысканий на территории г. Томска и Томского района.

Проведем аналогичный сравнительный анализ координат в СК-95.

Табл. 3.16. Координаты точек в системе координат СК-95.

Название пункта	Topcon		Photomod		Credo DAT	
	X	Y	X	Y	X	Y
1253 Кладбище	6260623,604	15376121,572	6260615,672	15376114,471	6260618,932	15376119,547
1252 Южный	6260622,642	15375005,889	6260614,711	15374998,786	6260617,969	15375003,862
1264 Фруктовый	6263813,024	15377573,949	6263805,097	15377566,849	6263808,357	15377571,927
1263 Комсомольский	6263512,527	15375510,511	6263504,598	15375503,410	6263507,859	15375508,485

Сравним полученные координаты в системе координат СК-95 с системой координат СК-42:

Табл. 3.17. Координатное отклонение СК-95 относительно СК-42

Название пункта	Topcon		Photomod		Credo DAT	
	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	ΔX	ΔY
1253 Кладбище	8,254	2,871	8,376	2,624	10,085	0,892
1252 Южный	8,250	2,867	8,372	2,623	10,080	0,892
1264 Фруктовый	8,267	2,862	8,383	2,613	10,089	0,878
1263 Комсомольский	8,259	2,858	8,375	2,613	10,080	0,880

Исходя из полученных данных видно, что координатное положение пунктов в системе координат СК-95 значительно расходится с данными в системе координат СК-42. Для оценки стабильности пунктов относительно друг друга в системе координат СК-95 проведем анализ горизонтального проложения длин линий между пунктами, относительно опорной геодезической сети.

Табл. 3.18. Линейная стабильность относительно исходной опорной сети в системе координат СК-95

Название линии	Название ПО			
	Topcon	PHOTOMOD	Credo DAT	Исходные значения
1263 Комсомольский - 1264 Фруктовый	2085,206	2085,205	2085,208	2085,010
1252 Южный - 1263 Комсомольский	2933,614	2933,614	2933,617	2933,250
1252 Южный - 1253 Кладбище	1115,683	1115,685	1115,685	1115,515
1253 Кладбище - 1264 Фруктовый	3504,542	3504,545	3504,546	3504,129
1253 Кладбище - 1263 Комсомольский	2952,842	2952,844	2952,845	2952,497
1252 Южный - 1264 Фруктовый	4095,546	4095,548	4095,55	4095,045

Табл. 3.19. Линейные отклонения относительно исходной опорной сети в системе координат СК-95

Название линии	Название ПО		
	Topcon	PHOTOMOD	Credo DAT
1263 Комсомольский - 1264 Фруктовый	0,196	0,195	0,198
1252 Южный - 1263 Комсомольский	0,364	0,364	0,367
1252 Южный - 1253 Кладбище	0,168	0,170	0,170
1253 Кладбище - 1264 Фруктовый	0,413	0,416	0,417
1253 Кладбище - 1263 Комсомольский	0,345	0,347	0,348
1252 Южный - 1264 Фруктовый	0,501	0,503	0,505

Табл.3.20. Относительные погрешности в системе координат СК-95

Название линии	Название ПО			Допустимая относительная погрешность
	Topcon	PHOTOMO D	Credo DAT	
1263 Комсомольский - 1264 Фруктовый	1:10638	1:10692	1:10530	1:120000
1252 Южный - 1263 Комсомольский	1:8058	1:8058	1:7993	1:120000
1252 Южный - 1253 Кладбище	1:6640	1:6562	1:6562	1:250000
1253 Кладбище - 1264 Фруктовый	1:8485	1:8423	1:8403	1:250000
1253 Кладбище - 1263 Комсомольский	1:8558	1:8509	1:8484	1:250000
1252 Южный - 1264 Фруктовый	1:8174	1:8141	1:8109	1:200000

Исходя из данных вычислений, можно сделать вывод, что относительно опорной геодезической сети взаимное расположение пунктов в системе координат СК-95 не стабильно, т.к. относительные погрешности соответствующих линий не соответствуют допустимым, применяемым для соответствующих линий.

В качестве дополнительного контроля измерений, сравним полученные данные с фактически измеренной длиной линии. Проведя сравнительный анализ между измеренной линией, линией полученной от опорной геодезической сети и полученной при обработке координат в СК-95, было установлено, что абсолютные погрешности, полученные от СК-95 превышают погрешность от опорной геодезической сети в 10 раз.

Табл. 3.21. Абсолютные погрешности относительно измеренного горизонтального проложения длины линии в системе координат СК-95.

Название ПО	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
Topcon	0,153	1:7291
PHOTOMOD	0,155	1:7197
Justin	0,155	1:7197
ОГС	0,015	1:74369

Исходя из вышеперечисленного, можно сделать вывод, что СК-95 также нецелесообразно использовать для выполнения геодезических работ при проведении инженерно-геодезических изысканий на территории г. Томска и Томского района.

Для выявления наиболее оптимальной системы координат для проведения геодезических работ, при выполнении инженерно-геодезических изысканий проведем анализ взаимного расположения пунктов ГГС в системе координат МСК 70:

Табл. 3.22. Линейная стабильность относительно исходной опорной сети в системе координат МСК-70

Название линии	Название ПО				Исходные значения
	Topcon	Pinnacle	PHOTOMOD	Credo DAT	
1263 Комсомольский - 1264 Фруктовый	2084,965	2084,972	2084,969	2084,975	2085,010
1252 Южный - 1263 Комсомольский	2933,256	2933,267	2933,265	2933,271	2933,250
1252 Южный - 1253 Кладбище	1115,548	1115,554	1115,553	1115,554	1115,515
1253 Кладбище - 1264 Фруктовый	3504,143	3504,158	3504,154	3504,158	3504,129
1253 Кладбище - 1263 Комсомольский	2952,491	2952,503	2952,501	2952,504	2952,497
1252 Южный - 1264 Фруктовый	4095,067	4095,085	4095,078	4095,085	4095,045

Табл. 3.23. Линейные отклонения относительно исходной опорной сети в системе координат МСК-70.

Название линии	Название ПО			
	Topcon	Pinnacle	PHOTOMOD	Credo DAT
1263 Комсомольский - 1264 Фруктовый	-0,045	-0,038	-0,041	-0,035
1252 Южный - 1263 Комсомольский	0,006	0,017	0,015	0,021
1252 Южный - 1253 Кладбище	0,033	0,039	0,038	0,039
1253 Кладбище - 1264 Фруктовый	0,014	0,029	0,025	0,029
1253 Кладбище - 1263 Комсомольский	-0,006	0,006	0,004	0,007
1252 Южный - 1264 Фруктовый	0,022	0,040	0,033	0,040

Как следует из таблицы 3.23. линейные отклонения горизонтального проложения длин линии между пунктами гораздо меньше относительно проложений длин линий в системах координат СК-42 и СК-95, это говорит о том, что система координат МСК-70 стабильнее вышеупомянутых систем. Но для того, чтобы сделать выводы относительно системы координат МСК-70 необходимо проверить относительные погрешности горизонтального проложения длин линий относительно допустимых:

Табл.3.24. Относительные погрешности в системе координат МСК-70.

Название линии	Название ПО				Допустимая относительная погрешность
	Topcon	Pinnacle	PHOTOMOD	Credo DAT	
1263 Комсомольский - 1264 Фруктовый	1:46334	1:54869	1:50854	1:59572	1:120000
1252 Южный - 1263 Комсомольский	1:488875	1:172544	1:195550	1:139679	1:120000
1252 Южный - 1253 Кладбище	1:33803	1:28603	1:29356	1:28603	1:250000
1253 Кладбище - 1264 Фруктовый	1:250295	1:120832	1:140165	1:120832	1:250000
1253 Кладбище - 1263 Комсомольский	1:492083	1:492083	1:738124	1:421785	1:250000
1252 Южный - 1264 Фруктовый	1:186138	1:102376	1:124092	1:102376	1:200000

Исходя из данных таблицы 3.24. можно выделить стабильные пары пунктов: это пункты 1252 Южный - 1263 Комсомольский и пункты 1253 Кладбище - 1263 Комсомольский.

Пара пунктов 1253 Кладбище - 1264 Фруктовый стабильна только при обработке измерений в ПО Topcon Tools, что не является гарантией того, что эти пункты стабильны, так как в других программных компонентах данная пара пунктов не стабильна относительно друг друга.

Табл. 3.25. Абсолютные погрешности относительно измеренного горизонтального проложения длины линии в системе координат МСК-70

Название ПО	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
Topcon	0,018	1:61974
Pinnacle	0,024	1:46480
PHOTOMOD	0,023	1:48501
Credo DAT	0,024	1:46480
ОГС	0,015	1:74369

Исходя из данных вычислений, можно сделать вывод, что относительно опорной геодезической сети взаимное расположение пунктов в системе координат МСК-70 стабильно частично, т.к. относительные погрешности соответствующих линий не соответствуют допустимым, применяемым для соответствующих линий, а часть погрешностей наоборот соответствуют допустимым значениям. Для более точных выводов касательно системы координат МСК-70 необходимы более обширные измерения большинства пунктов Государственной геодезической сети.

Опираясь на данные, полученные при проведении сравнительного анализа данных, полученных при выполнении измерений в различных системах координат, с применением различного программного обеспечения можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее оптимальной системой координат для г. Томска и Томского района является МСК-70.
2. При обработке данных космической геодезии разные программные компоненты выдают разные координаты одних и тех же пунктов что может сказаться на последующих геодезических работах.
3. Подавляющее большинство пунктов опорной геодезической сети не имеют наружного знака, а некоторые из них повреждены, утеряны или уничтожены.
4. Государственная геодезическая сеть на территории города Томск находится в неудовлетворительном состоянии. Данную сеть нельзя использовать как триангуляционную сеть в связи с потерей смежных пунктов и отсутствием прямой видимости между пунктами в связи с застройкой.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2BM81	Черемных Михаилу Евгеньевичу

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования состояния пунктов ГТС

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	20.04.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОГСН	Маланина В.А.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM81	Черемных Михаил Евгеньевич		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для того чтобы установить потенциальных потребителей данных о Государственной геодезической сети нужно установить целевой рынок.

Государственная геодезическая сеть (ГГС) – система закрепленных на местности пунктов, положение которых определено в единой системе координат и высот. ГГС в обязательном порядке используется при проведении геодезических работ.

Геодезические работы включаются в состав инженерно-геодезических изысканий. С помощью результатов исследований субъекты рынка получают необходимую информацию для своих работ. Без них не обходятся строительная деятельность, кадастровая деятельность, сфера инженерных коммуникаций, предприятия по добыче и т.д.

Целевым рынком геодезических работ являются компании, которые занимаются геодезическими изысканиями для строительства, бурения скважин, исследования местности, постановки недвижимого имущества на государственный учет и т.д.

4.1.2. Диаграмма Исикавы

Диаграмма причины-следствия Исикавы – это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления [41].

Область применения диаграммы:

- выявление причин возникновения проблемы;

- анализ и структурирование процессов на предприятии;
- оценка причинно-следственных связей.

На рисунке ниже представлена диаграмма Исикавы, из которой видно какие проблемы могут возникнуть при выполнении работ, по оценке состояния Государственной геодезической сети.



Рис 4.1. Диаграмма Исикавы

4.1.3. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Несмотря на то, на какой стадии находится научная разработка, важно правильно оценивать степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для её проведения (или завершения).

Для определения готовности научного проекта к коммерциализации заполняется специальная форма, которая содержит в себе показатели о степени проработанности проекта и компетенции научного персонала.

Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Табл. 4.1. Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний разработчика у
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	3
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	2
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	2	2
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	1	2
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	4
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	2
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	1	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	4

11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
ИТОГО БАЛЛОВ		37	43

Суммарное значение баллов позволяет говорить о мере готовности научной разработки и её разработчика к коммерциализации. Так, если значение получилось от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточными для успешной её коммерциализации. Если от 59 до 45 – то перспективность выше среднего. Если от 44 до 30 – то перспективность средняя. Если от 29 до 15 – то перспективность ниже среднего. Если 14 и ниже – то перспективность крайне низкая.

По результатам оценки можно сделать вывод, что готовность научной разработки и её разработчика к коммерциализации средняя.

4.1.4. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов проведенного научно-технического исследования наиболее целесообразно использоваться следующие методы: торговлю патентными лицензиями, то есть, продажу разработки исследования третьим лицам; организацию совместных

предприятий, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

Использование торговли патентными лицензиями, позволяет прийти к сотрудничеству с зарубежными странами, что повысит эффективность исследования, так как будет происходить технологический и научно-технический обмен, обмен опытом работы. При технологическом обмене происходит экономическое развитие страны и происходит развитие международных экономических отношений. Организация совместных предприятий позволит привлечь в страну передовые технологии, дополнительные материальные и финансовые ресурсы. Привлечение иностранного капитала в отечественную экономику расширит экспортную базу и рынок сбыта.

4.1.5. Инициализация проекта

Для определения нового проекта необходимо составление Устава проекта. В рамках магистерской диссертации предполагается наличие таких критериев, как цели и результаты проекта, организационная структура проекта, ограничения и допущения проекта (таблицы ниже).

Табл. 4.2. Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
Научное объединение (студенты, магистранты, аспиранты, преподаватели)	Освоение принципиально новой (для научной группы) области исследования; коммерческое продвижение проекта; развитие и укрепление связей с отраслью промышленности (производственные компании, заводы) в области совместных научных разработок.
Представители промышленности	Получение проекта, способствующего оптимизации, энерго- и ресурсосбережению действующего производства; Развитие и укрепление связей с научным объединением (университет) в области совместных научных разработок.
Университет, к которому относится научное объединение	Продвижение статуса учебного заведения, повышения научного престижа.
Научные объединения сторонние (конкурирующие)	Опасения в связи с появлением конкурентоспособного проекта.

Табл. 4.3. Цели и результаты проекта

Цели проекта	Оценка состояния пунктов ГГС
Ожидаемые результаты проекта	Подготовка результатов, на основании которых можно сделать выводы о соответствии пунктов ГГС нормативным требованиям.
Критерии приемки результата проекта	Обоснованность разработанного прогноза.
Требование к результату проекта	Максимальное соответствие критерия приемки результата проекта.

Табл. 4.4. Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функция	Трудозатраты, час.
1	Крамаренко В.В., доцент ОГ ИШПР, НИ ТПУ	Руководитель проекта	Координирование проекта, консультирование	36
2	Черемных М.Е., магистрант ОГ ИШПР	Исполнитель проекта	Сбор и анализ литературных данных, анализ предоставленных материалов, выполнение научной работы	480
3	Маланина В.А.	Эксперт проекта	Консультирование	2
4	Скачкова Л.А.	Эксперт проекта	Консультирование	2
5	Болсуновская Л.М.	Эксперт проекта	Консультирование	2

К ограничениям данного проекта можно отнести только временные рамки, так как на выполнение работы отведено определенное количество времени. Дата утверждения плана проекта – 01.09.2018; дата завершения проекта – 31.05.2019. Финансирование проекта происходит за счет НИ ТПУ.

4.1.6. Планирование управления научно-техническим проектом

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ.

В рамках планирования научного проекта был построен календарный график проекта в виде таблицы

Табл. 4.5. Календарный график проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
Определение тематики магистерской диссертации	3	01.09.2019	03.03.2019	Крамаренко В.В., Черемных М.Е.
Литературный обзор по теме проекта	90	03.09.2019	02.12.2019	Черемных М.Е.
Постановка цели и задач	10	03.12.2019	13.12.2019	Крамаренко В.В., Черемных М.Е.
Разработка плана работ	30	14.12.2019	12.01.2020	Крамаренко В.В., Черемных М.Е.
Выполнение работ по оценке состояния ГГС	31	13.01.2020	12.02.2020	Черемных М.Е.
Обработка полученных материалов	47	13.02.2020	31.03.2020	Черемных М.Е.
Обсуждение результатов. Доработка ВКР	30	1.04.2020	30.04.2020	Крамаренко В.В., Черемных М.Е.
Оформление ВКР	31	1.05.2020	31.05.2020	Черемных М.Е.

Также была построена диаграмма Ганта для реализуемого проекта (рисунок ниже). Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. График строится в виде таблицы с разбивкой по месяцам за период времени выполнения научного проекта.

Выполняемые работы на диаграмме Ганта выделяются различными цветами в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. В нашем случае работы выполняемые исполнителем (магистрантом)

обозначены черным цветом, а работы выполняемые руководителем (научным руководителем) обозначены серым цветом.

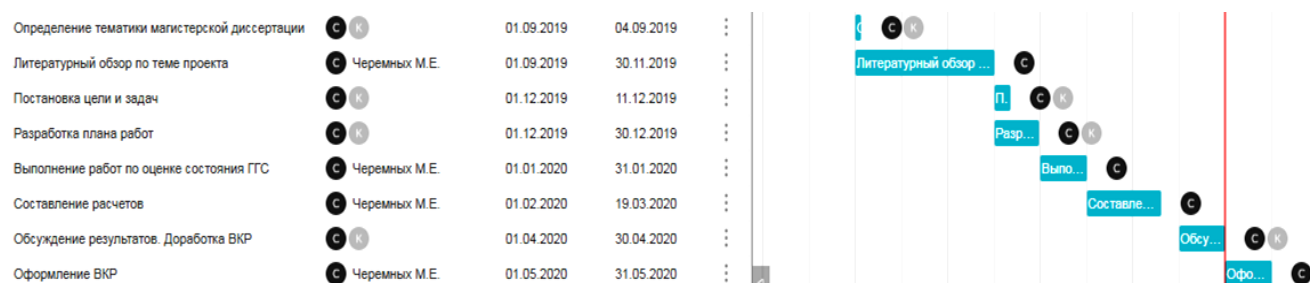


Рис. 4.2. Диаграмма Ганта

4.2. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты должны быть сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

- сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
- амортизация специального оборудования для научных (экспериментальных работ);
- заработная плата;
- отчисления на социальные нужды;
- накладные расходы.

4.2.1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Расчет стоимости материальных затрат производился по действующим прейскурантам и ценам с учетом НДС.

Результаты расчета затрат на сырье, материалы и покупные изделия в процессе проведения НИР представлены в таблице.

Табл. 4.6. Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Электроэнергия				
Потребление компьютером	кВт/ч	800	2,45	1960
Освещение	кВт/ч	125	2,45	306,25
Итого, руб.				2266,25

4.2.2. Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы.

Табл. 4.7. Расчет основной заработной платы

Исполнители	Трудоемкость, чел.-дни	Количество рабочих месяцев	Оклад за месяц, руб	Сумма, руб.
Руководитель	229	9	40000	360000
Исполнитель	229	9	17000	153000
Итого:				513000

Срок реализации проекта составляет 9 месяцев.

Статья заработной платы включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{ЗП} = Z_{ОСН} + Z_{ДОП},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата руководителя от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_{\text{раб}},$$

где $T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}},$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течении года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дей $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Табл. 4.8.Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	273	273
Количество нерабочих дней при шестидневной рабочей неделе (выходные дни + праздничные дни)	44	44
Потери рабочего времени – отпуск – невыходы по болезни	0	0
Действительный фонд рабочего времени	229	229

За период с сентября 2019 по май 2020 количество дней: $30+31+30+31+31+28+31+30+31 = 273$. Согласно производственным календарям за 2019 и 2020 годы при шестидневной рабочей неделе количество выходных и праздничных дней: $5+6+11+5+6+4+7 = 44$. Таким образом, действительный фонд рабочего времени составляет 229 дней.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} * k_{\text{р}}$$

где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,30 (для Томска).

Табл. 4.9. Расчет основной заработной платы

Участники	$З_{\text{б}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб	$T_{\text{р}}$, раб.дни	Итого, руб.
Руководитель	40000	1,30	52000	229	468000
Исполнитель	17000	1,30	22100	229	198900

4.2.3. Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12% от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении работы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * З_{\text{осн}} * k_p$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.; $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты; $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб

Табл. 4.10. Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Исполнитель
Основная, руб	52000	22100
Дополнительная, руб	6000	2550
Дополнительная с учетом районного коэффициента, руб	7800	3315
Итого по статье $C_{\text{зп}}$, руб	85215	
Итого за весь период НТИ	766 935	

4.2.4. Отчисления на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды будут взиматься как с заработной платы руководителя, так и с заработной платы исполнителя.

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2% (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$C_{\text{внеб}} = 0,302 * (7800 + 52000 + 3315 + 22100) = 25734,93 \text{ руб.}$$

4.2.5. Накладные расходы

В статью «накладные расходы» включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. В НИ ТПУ они составляют 15% от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала, соц. отчислений, затрат на сырье и материалы данной научно-технической организации

$$C_{\text{НАКЛ}} = 0,15 \cdot (766935 + 2266,25 + 25734,93) = 119240,43 \text{ руб.}$$

4.2.6. Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включены все затраты, связанные с использованием специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме исследования. В нашем случае, стоимость оборудования, используемого при выполнении научного проекта, учитывается в виде амортизационных отчислений, так как все необходимое оборудование уже имеется в организации. Результаты расчета амортизационных отчислений приведены в таблице ниже.

Табл. 4.11. Расчет затрат по статье «Специальное оборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования, шт	Стоимость используемого оборудования, руб.	Период службы, год	Срок использования, дни	Амортизация оборудования, руб
1.	Компьютер	1	40000	10	229	2510
Итого по статье:						2510

Коэффициент амортизации устанавливается в размере 10% по формуле

$$K = 1/n \cdot 100\%, \text{ где } n - \text{СПИ (срок полезного использования)}$$

$$K = 1/10 \cdot 100\% = 10\% \text{ в год.}$$

Таким образом, амортизационные отчисления будут равны

$$40000 \cdot 0,1 \cdot (229/365) = 2510 \text{ руб.}$$

Результаты расчета затрат на проведение исследования сведем в таблицу.

Табл. 4.12. Смета затрат на выполнение научно-исследовательской работы

Статьи затрат	Затраты, руб
Сырье, материалы	2266,25
Заработная плата	766 935
Отчисления на социальные нужды	25734,93
Накладные расходы	119240,43
Амортизация	2510
Итого	916685,7

4.3. Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная.

Для выбора наиболее подходящей организационной структуры можно использовать таблицу ниже.

Табл. 4.13. Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Функциональная	Матричная	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Низкая	Высокая	Высокая
Технология проекта	Стандартная	Сложная	Новая
Сложность проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Низкая	Средняя	Высокая
Критичной фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Низкая	Средняя	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Высокая	Средняя	Низкая

Выполнение данного исследования можно представить в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура представлена на рисунке ниже.

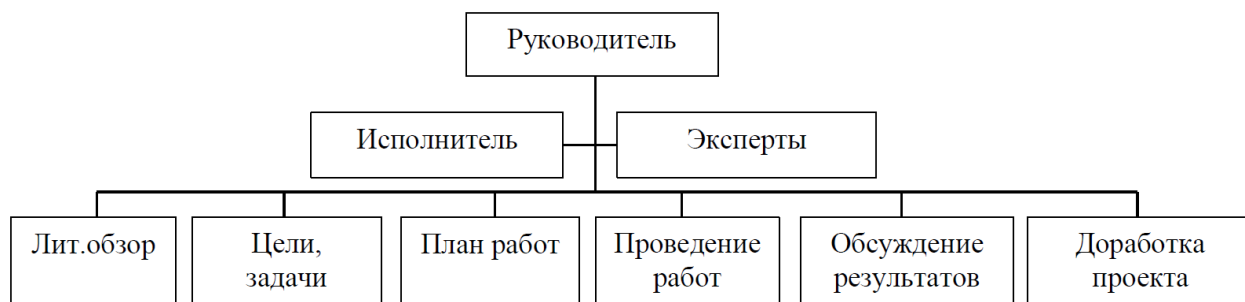


Рис. 4.3. Организационная структура проекта

4.3.1. Матрица ответственности

С целью распределения ответственности между участниками проекта сформирована матрица ответственности.

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О) – лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиями.

Табл. 4.14. Матрица ответственности

Этапы проекта	Руководитель	Исполнитель
Определение тематики магистерской диссертации	С	О
Литературный обзор по теме проекта	У	И
Постановка цели и задач	О	С
Разработка плана работ	У	И
Выполнение работ по оценке состояния ГГС	С	О/И
Обработка результатов	У	О/И
Обсуждение результатов и доработка ВКР	О	У
Оформление ВКР	У	О/И

4.3.2. План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта. План управления коммуникациями приведен в таблице ниже

Табл. 4.15. План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (пятница)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю, экспертам	Не позже сроков графиков и контрольных точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

4.3.3. Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Риски

проекта приведены в таблице ниже. Уровень риска может быть: высокий, средний или низкий в зависимости от вероятности наступления и степени влияния риска. Риски с наибольшей вероятностью наступления и высокой степенью влияния будут иметь высокий уровень, риски же с наименьшей вероятностью наступления и низкой степенью влияния соответственно низкий уровень.

Табл. 4.16. Реестр рисков

№ п/п	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1.	Отсутствие взаимного влияния изучаемых характеристик	Не актуальность исследования	4	5	Высокий	Поиск аналогичных зависимостей	Отсутствует влияние объектов изучения друг на друга
2.	Сбои в работе оборудования	Некорректные результаты расчетов	4	5	Средний	Устранение неполадок, ремонт	Сбой компьютера
3.	Погрешность расчетов	Некорректные экспериментальные данные	3	4	Низкий	Проверка правильности расчетов	Невнимательность

4.4. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

4.4.1. Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за

базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где I_{Φ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объектов исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i -го параметра;

b^a , b^p – балльная оценка i -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта приведена в таблице ниже, где Текущий проект – это изучение уровня режима подземных вод с обработкой результатов в Credo DAT, Аналог 1 –

изучение уровня режима подземных вод с обработкой результатов в программе-аналоге.

Табл. 4.17. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1
Удобство в эксплуатации	0,30	5	3
Энергосбережение	0,20	4	3
Ресурсосбережение	0,15	4	4
Надежность	0,20	5	3
Эффективность	0,15	5	5
Итого	1	23	18

Далее рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_m (\text{текущий}) = 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,65$$

$$I_m (\text{аналог 1}) = 0,3 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 = 3,45$$

Сравнение значений интегрального показателя ресурсоэффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в магистерской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Таким образом, видно, что обрабатывать результаты работ по оценке состояния ГГС лучше с помощью программы Credo DAT, так как она имеет более удобный интерфейс, интуитивно понятна и доступна в отличие от программы-аналога для проведения расчетов.

4.4.2. Ресурсосберегающая эффективность исследования

На основе проводимых в данной работе исследований в дальнейшем предполагается создать комплекс рекомендаций по эксплуатации пунктов Государственной геодезической сети, которые позволят скорректировать

хозяйственную деятельность человека, с тем чтобы добиться наиболее эффективного и рационального использования данных, полученных с этих пунктов.

4.4.3. Социальная эффективность исследования

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты.

Для оценки социальной эффективности научного проекта необходимо выявить критерии социальной эффективности, на которые влияет реализация научного проекта и оценить степень их влияния.

Так как на основании работ по оценке состояния ГГС можно будет скорректировать хозяйственную деятельность человека, данная работа позволит более эффективно использовать пункты Государственной геодезической сети.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что данная работа является экономически целесообразной, эффективной и успешной.

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были выполнены расчеты по следующим статьям:

- сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
- амортизация специального оборудования для научных (экспериментальных) работ;
- заработная плата;

- отчисления на социальные нужды;
- накладные расходы.

В результате всего затрачено 916685,7 рублей, все исследования выполнены за счет средств НИ ТПУ.

Также была рассчитана ресурсоэффективность данного исследования, на основе которой можно сделать вывод, что экономически целесообразно использовать программу Credo DAT для проведения расчетов.

Таким образом, в данном разделе проведен расчет всех затрат на исследование состояния пунктов ГГС, а также выявлен целевой рынок данного исследования.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2BM81	Черемных Михаилу Евгеньевичу

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистрант	Направление/специальность	20.04.02 Природообустройство и водопользование

Тема ВКР:

Анализ стабильности геодезической основы для проведения инженерных изысканий на территории г. Томска и Томского района в общепринятых плоскопрямоугольных системах координат

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p><i>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</i></p>	<p><i>Объектом исследования является сеть пунктов Государственной геодезической основы на территории Томского района. Работы проводились в полевых и камеральных условиях. Область применения – Инженерно-геодезические изыскания.</i></p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><i>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> - "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020) - ГОСТ 12.2.003-91 [ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности] - ГОСТ 12.0.003-74 [ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация] - ГОСТ 12.1.004-91 [ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01. 07. 92)] - ГОСТ 12.1.005-88 [ГОСТ 12.1.005-88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89)] - ГОСТ 12.1.006-84 [ГОСТ 12.1.006-84. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля (до 01. 01. 96)] - СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003] - ГОСТ Р 51592-2000 [ПНД Ф 12.13.1-03
--	---

	<i>техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения). методические рекомендации Министерства природных ресурсов Российской Федерации. 2003].</i>
<p>2. <i>Производственная безопасность:</i></p> <p>2.1. <i>Анализ выявленных вредных и опасных факторов</i></p> <p>2.2. <i>Обоснование мероприятий по снижению воздействия</i></p>	<p><i>К вредным факторам относятся: недостаточная освещенность рабочей зоны; отклонение показателей микроклимата; шум.</i></p> <p><i>К опасным факторам относятся: электрический ток; пожарная безопасность.</i></p>
3. <i>Экологическая безопасность:</i>	<i>Обеспечение экологической безопасности на территории РФ, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на действии Федерального закона «Об охране окружающей среды». При выполнении данной выпускной квалификационной работы негативного влияния на окружающую среду не происходит.</i>
4. <i>Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</i>	<i>Перечень возможных ЧС при разработке научного исследования: пожар, взрыв, разрушения зданий в результате разрядов электричества. Разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий: использование огнетушителя, песка, асбестового одеяла; организационная эвакуация работников.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.04.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2BM81	Черемных Михаил Евгеньевич		

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Целью дипломной работы является проведение сравнительного анализа взаимного расположения пунктов геодезической основы в общепринятых плоскопрямоугольных системах координат с использованием различного программного обеспечения в территориальном образовании г. Томска, Томского района.

Для выполнения данной цели, были поставлены следующие задачи:

- 1.Инвентаризация пунктов геодезической основы;
- 2.Выбор пунктов геодезической основы для проведения вычислений;
- 3.Сравнительный анализ систем координат, с применением различного программного обеспечения;
- 4.Выбор оптимальной системы координат для проведения инженерных изысканий на территории Томского района;
- 5.Анализ результатов, выводы и рекомендации.

При выполнении выпускной квалификационной работы проводились камеральные инженерно-геодезические работы. В данном разделе описаны оптимальные условия труда для комфортного выполнения работ, требования к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности, охране окружающей среды и ресурсосбережению. Целью раздела является принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи в производстве и снижению вредных воздействий на окружающую среду.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [42] на рабочее место одного пользователя ПК должно приходиться не менее 6 м². К помещениям, где находятся ПК, предъявляют требования к внутренней отделке. Помещения, где размещены ПК, должны быть снабжены защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации. Помещения для занятий оборудуются одноместными столами, предназначенными для работы с ПК, причем конструкция одноместного стола для работы с ПК должна соответствовать СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Оконные проемы в помещениях использования ПК должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа - жалюзи, занавесей и др.

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда, согласно ст. 212 ТК РФ [43], возлагаются на работодателя. Последний, руководствуясь указанной статьей, обязан обеспечить безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве инструментов, сырья и материалов. Кроме того, работодатель обязан обеспечить, соответствующие требованиям охраны труда, условия труда на каждом рабочем месте; режим труда и отдыха работников в соответствии с трудовым законодательством, и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права. Работодатель должен извещать работников, об условиях охраны труда на рабочих местах, о возможном риске для здоровья, о средствах индивидуальной защиты и компенсациях.

В организации режим труда и отдыха носит следующий характер:

- пятидневная рабочая неделя с двумя выходными днями;
- продолжительность ежедневной работы 8 часов;

- время начала и окончания работы с 8:00 до 17:00;
- время перерывов в работе с 12:00 до 13:00.

Также, устанавливается отпуск в количестве 28 дней в течение года, и другие выходные (праздничные) дни, предусмотренные трудовым законодательством РФ.

5.2. Производственная безопасность

Вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при выполнении данной работы, согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [44] представлены в таблице ниже.

Табл. 5.1. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	-	-	СанПиН 2.2.4.548-96
2. Превышение уровня шума	+	-	-	ГОСТ 12.1.003-2014, ГОСТ 12.1.029-80
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	-	-	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	-	-	ГОСТ Р 55710-2013

5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	-	-	ГОСТ 12.1.019-2017, ГОСТ 12.1.030-81
6. Монотонный режим работы	+	-	-	ГОСТ 12.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения
7. Пожарная опасность	+	+	+	ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность . Общие требования (01.07.92)

5.3. Анализ вредных и опасных производственных факторов и методы их устранения

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности является очень важным аспектом любой деятельности. Для этого применяется комплекс мер, содержащий правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

Работа за персональным компьютером регулируется техникой безопасности и требует соблюдения предписанных норм. При использовании вычислительной техники возможно проявление следующих вредных факторов: перенапряжение зрительных анализаторов; монотонность труда; статические физические перегрузки костно-мышечного аппарата и

локальные динамические перегрузки мышц кистей рук; повышенная яркость света; пониженная ионизация воздуха; повышенное напряжение в электрической цепи и т.д.

Далее будут рассмотрены нормы и ограничения, применимые к наиболее важным факторам.

5.4. Микроклимат помещения

При проведении лабораторных и камеральных работ исследования необходимо соблюдать гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

Под термином «микроклимат» понимается совокупность нескольких факторов, влияющих на условия работы – температура окружающей среды, влажность воздуха и скорость движения воздуха. Отклонение данных показателей от нормы влияет главным образом на осуществление теплообмена организма с окружающей средой. Оптимальные характеристики микроклимата представлены в Таблице. Работу пользователя ПК относим к категории тяжести работ 1а (работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением).

Табл. 5.2. Оптимальные параметры микроклимата

Сезон	Температура воздуха (t), °C	Относительная влажность, %
Холодный и переходный (среднесуточная температура меньше 10°C)	22-24	60-40
Теплый (среднесуточная температура воздуха 10°C и выше)	21-23	60-40

Скорость движения воздуха, как для теплого, так и для холодного сезонов должна составлять 0,1 м/с. Так как на выделенном рабочем месте предусмотрена вентиляция и отопление, то оно соответствует нормам температуры как в холодный, так и в теплый сезон. Скорость движения

также соответствует нормам, так как помещение закрытое. Относительно влажности воздуха сложно сказать, так как на рабочем месте отсутствует гигрометр и увлажнитель воздуха.

Для снижения воздействия дисплеев рекомендуется работать на дисплеях с защитными экранами и фильтрами. Установлено, что максимальная напряженность электрической составляющей ЭМП достигается на коже дисплея. В целях снижения напряженности следует удалить пыль с поверхности монитора сухой хлопчатобумажной тканью.

5.5. Уровни шума

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности, возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах.

Шум может создаваться работающим оборудованием (установками воздуха (воздуходувка), преобразователями напряжения). В результате исследований установлено, что шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека. Действие шума различно: затрудняет разборчивость речи, вызывает необратимые изменения в органах слуха человека, повышает утомляемость. Предельно допустимые значения, характеризующие шум, регламентируются в ГОСТ 12.1.003-2014[45].

Табл. 5.3. Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука

Рабочие места	Уровни звукового давления, Дб, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука дБа
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Рабочие места в производственных помещениях (лабораториях)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Основные мероприятия по борьбе с шумом следующие: экранирование шума преградами, использование средств индивидуальной защиты против шума (ушные вкладыши, наушники и шлемофоны).

5.6. Освещение на рабочем месте

Особая роль отводится контролю по обеспечению должного уровня освещения рабочего места. Поскольку местом проведения работ является помещение, то возникает необходимость максимального приближения освещения к естественному (солнечному), чтобы избежать снижения зрения и повышения утомляемости работника.

В помещениях для эксплуатации ПК организовано естественное освещение через оконные проемы, обеспечивающее коэффициенты естественной освещенности (КЕО) не ниже 1,5 %. Искусственное освещение представлено комбинированной системой. Поскольку монитор ПК также является источником света, то рекомендуется в целях снижения мерцания экрана устанавливать частоту кадров 60 Гц для ЖК мониторов. Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования персональных компьютеров следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп[46].

Рабочий стол рекомендуется устанавливать таким образом, чтобы световой поток был направлен слева от работника.

5.7 Монотонность труда

Специалистами по гигиене условия труда человека классифицированы по степени тяжести и напряженности трудового процесса и по показателям вредности и опасности факторов производственной среды. Факторы трудового процесса, характеризующие тяжесть физического труда, – это в основном мышечные усилия и затраты энергии. Факторы трудового процесса, характеризующие напряженность труда, – это эмоциональная и

интеллектуальная нагрузка, нагрузка на анализаторы человека (слуховой, зрительный и т. д.), монотонность нагрузок, режим работы. Сущность монотонности заключается в продолжительном неприятном воздействии однообразия работы на организм человека, его нервную систему. Монотонная работа существенно влияет на функциональное состояние человека. Под влиянием монотонности человек, не умеющий это психическое состояние сдерживать или устранять, становится вялым, безучастным к работе, возникает угнетающее состояние, что приводит к преждевременному утомлению. При развитии монотонности необходимо сменить ритм трудовой деятельности, а во время перерыва рекомендуется использовать активный отдых[47].

5.8. Электрический ток

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электрического поля и статического электричества.

Опасность поражения людей электрическим током появляется при несоблюдении мер безопасности, а также при отказе или неисправности электрического оборудования.

Виды поражения организма током:

- электрический удар – представляет собой возбуждение живых тканей организма, проходящим через него электрическим током. сопровождается резкими судорожными сокращениями мышц, в том числе мышцы сердца, что может привести к остановке сердца;
- электрические ожоги – возникают в результате локального воздействия тока на ткани;

- электрические знаки и метки – представляют собой четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности кожи человека, подвергнувшегося действию тока;

- металлизация кожи – это выпадение мельчайших частичек расплавленного металла на открытые поверхности кожи;

- механические повреждения – следствие судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через человека, приводящее к разрыву кожи, мышц, сухожилий.

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости прохождения тока через тело человека: при длительности действия более 10 секунд – 2 мА, при 10 секунд и менее – 6 мА.

Электробезопасность регламентируется нормативными документами: ГОСТ 12.1.030-81[48], ГОСТ 12.1.038-82[49].

В данном случае существует опасность электропоражения в следующих случаях: при прикосновении к токоведущим частям, оказавшимся под напряжением; при соприкосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением.

В целях защиты необходимо применять следующие меры[50]:

- защитное заземление (преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением, при этом сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом),

- защитное отключение (быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током, происходит изменение некоторых электрических параметров сети, которые служат сигналом, вызывающим срабатывание устройства защитного отключения).

Для предупреждения электротравматизма во время работ в электроустановках очень важно проводить соответствующие защитные мероприятия. Применение защитных мероприятий регламентируется Правилами устройства электроустановок (ПЭУ) и Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок. В этих документах рассмотрены организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ:

На рабочем месте пользователя размещены дисплей, клавиатура и системный блок. При включении дисплея на электронно-лучевой трубке создается высокое напряжение в несколько киловольт. Поэтому запрещается прикасаться к тыльной стороне дисплея, вытирать пыль с компьютера при его включенном состоянии, работать на компьютере во влажной одежде и влажными руками.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели.

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

5.9. Пожарная безопасность

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается

воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

Противопожарная защита – это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара.

Источниками возгорания могут быть электрические схемы от ПК, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционирования воздуха, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать возгорание горючих материалов.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. В помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники[51].

5.10. Экологическая безопасность

Безопасность экологическая – состояние природной среды, обеспечивающее экологический баланс в природе и защиту окружающей среды и человека от вредного воздействия неблагоприятных факторов, вызванных естественными процессами и антропогенным воздействием, включая техногенное (промышленность, строительство) и сельскохозяйственное.

Воздействие экологически вредное – воздействие объекта хозяйственной или иной деятельности, приводящее к значительным, иногда необратимым изменениям в природной среде и оказывающее негативное влияние на человека.

Обеспечение экологической безопасности на территории РФ, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на действии Федерального закона «Об охране окружающей среды». В ходе проведения исследования негативного влияния на окружающую среду не отмечается, но при этом происходит накопление отходов V класса опасности (практически неопасные отходы), а именно бумаги и её обрезков, а также мусора от уборки помещений.

В ходе выполнения исследования не происходит загрязнения атмосферы и гидросферы.

Литосферное загрязнение заключается в образовании отходов. Отходы V класса опасности характеризуются очень низкой степенью негативного воздействия на окружающую среду. Отличительной чертой материалов, формирующих отходы данного класса опасности, является отсутствие опасности и угрозы для человека. На отходы V класса опасности паспорт отходов не выдается.

Такие отходы, также известные как макулатура, необходимо перерабатывать для повторного использования. Для этого их необходимо сдавать в специальные пункты приема. В городе Томске переработкой занимаются следующие компании – «Чистый мир», ООО «Ресурс», ООО «Пирс».

Утилизация оргтехники и компьютеров – это обязательное условие, прописанное в российском законодательстве, под которое попадают не только организации, но и физические лица. Необходимость в профессиональной утилизации оргтехники возникает в связи с тем, что внутри микросхем, плат, содержатся детали, с определенной долей драгоценных металлов. Выбрасывая компьютеры в мусорные баки, люди вредят экологии и окружающей среде. Пластмасса, пластиковые элементы, лом черных и цветных металлов может отправляться на вторичную

переработку, а драгоценные вещества на аффинажные предприятия. В городе Томске, утилизацией занимается, например, компания «Русутилит».

5.11. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате источника, а именно опасного природного явления, катастрофы и т.п., которая может повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, а также нарушение условий жизнедеятельности людей.

В условиях рабочего помещения при работе на ПК возможно возникновение пожара, получение ожогов и поражение электрическим током. О несчастном случае пострадавший или очевидец обязан немедленно поставить в известность начальника, который должен организовать первую помощь пострадавшему и вызвать врача.

При поражении электрическим током одним из ключевых моментов при оказании первой помощи является немедленное выключение электрического тока. Для этого нужно отключить ток (поворот рубильника, выключателя, пробки), отвести электрические провод от пострадавшего, затем соединить между собой два токоведущих провода.

Пожар – это неконтролируемое горение очага, наносящее материальный ущерб, а также вызывающее несчастные случаи и причинение вреда здоровью человека и т.д.

Причиной пожара могут стать: неисправность оборудования, электропроводки, несоблюдение норм и правил пожарной безопасности.

Камеральные работы проводятся в 513 аудитории 20 корпуса ТПУ, относящейся к категории Г, данная аудитория является местом пониженной пожароопасности (СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности).

В соответствии с ГОСТ 12.1.004-91[51] пожарная безопасность зданий должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Системы пожарной безопасности должны характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а также экономическими критериями эффективности этих систем для материальных ценностей, с учетом всех стадий (научная разработка, проектирование, строительство, эксплуатация) жизненного цикла зданий и выполнять одну из следующих задач:

- исключать возникновение пожара;
- обеспечивать пожарную безопасность людей;
- обеспечивать пожарную безопасность материальных ценностей;
- обеспечивать пожарную безопасность людей и материальных ценностей одновременно.

Здания должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений. Также в зданиях необходимо предусмотреть технические средства (лестничные клетки, противопожарные стены, лифты, наружные пожарные лестницы, аварийные люки и т.п.), имеющие устойчивость при пожаре и огнестойкость конструкций не менее времени, необходимого для спасения людей при пожаре, и расчетного времени тушения пожара.

Для предупреждения возникновения пожара следует следить за исправностью выключателей, вилок и розеток электроснабжения и электрических приборов, запрещается перегружать электросеть, оставлять без присмотра включенными электронагревательные приборы и

компьютеры, при ремонте электронагревательных и электронных приборов их следует отключать от сети.

Для уменьшения риска возникновения пожара в рабочем помещении необходимо систематически проверять целостность изоляционных покрытий электрических проводов, а также курить только в специально отведенных местах.

При обнаружении пожара или признаков горения необходимо:

- немедленно сообщить руководителю, в пожарную охрану (при этом назвать адрес объекта, место возникновения пожара, сообщить фамилию);
- принять по возможности меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей.

Ответственный за противопожарную безопасность помещения (другое должностное лицо), обязан:

- продублировать сообщение о возникновении пожара в пожарную охрану и поставить в известность вышестоящее руководство, ответственного по объекту;
- в случае угрозы жизни людей немедленно организовать спасение, используя для этого подручные средства;
- проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты (оповещение людей, пожаротушения, противодымной защиты), при необходимости отключить электроэнергию (за исключением систем противопожарной защиты), выполнить мероприятия, способствующие предотвращению развития пожара и задымления помещений;
- осуществить общее руководство по тушению пожара до прибытия подразделения пожарной охраны;

- одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию материальных ценностей, документации.

За невыполнение требований по вопросам предупреждения ЧС, защиты персонала и материальных ценностей от ЧС работники отдела могут привлекаться к материальной и административной ответственности.

5.12. Выводы по разделу

В ходе выполнения раздела «социальная ответственность» были рассмотрены правовые и организационные вопросы, включающие нормы трудового законодательства, организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны, график работы и отдыха. Выявлены вредные и опасные факторы воздействия на работающего в помещении на ПК человека:

- отклонение показателей микроклимата,
- превышение уровня шума,
- отсутствие или недостаток естественного света,
- недостаточная освещенность рабочей зоны,
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека,
- монотонный режим работы,
- опасность пожара.

Также был разработан пункт о безопасности при возникновении ЧС, а именно возникновение пожара, получение ожогов и поражение электрическим током и даны рекомендации по предотвращению и устранению всех рассмотренных в данном разделе негативных воздействий на человека при выполнении выпускной квалификационной работы.

Помимо вышеперечисленного было выявлено, что работа над данным исследованием оказывает вредное воздействие на литосферу, заключающееся в накоплении отходов. Охарактеризован класс отходов, описаны рекомендации по переработке.

Заключение

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы было проведено исследование фактического местоположения пунктов геодезической основы методом спутниковых геодезических измерений для дальнейшего анализа стабильности полученных координат в разных общепринятых прямоугольных системах координат с использованием различного программного обеспечения на территории г. Томска Томского района.

В ходе работы было выявлено что координаты пунктов 1264 Комсомольский 4 класс, 1263 Фруктовый 3 класс, 1253 Кладбище 2 класс, 1252 Южный 3 класс при вычислении их координат в различных системах координат и в различном программном обеспечении отличаются друг от друга и имеют не стабильное расположение относительно друг друга.

При выполнении работ были выявлены следующие аспекты: подтверждено, что наиболее оптимальной системой координат для г. Томска и Томского района является МСК-70. Также было выявлено то, что при обработке данных космической геодезии разные программные компоненты выдают разные координаты одних и тех же пунктов что может сказаться на последующих геодезических работах.

В ходе проведения инвентаризации пунктов ГГС выяснилось, что подавляющее большинство пунктов опорной геодезической сети не имеют наружного знака, а некоторые из них повреждены, утеряны или уничтожены. На основе вышеперечисленного можно сделать вывод, что Государственная геодезическая сеть на территории города Томск находится в неудовлетворительном состоянии. Данную сеть нельзя использовать как триангуляционную сеть в связи с потерей смежных пунктов и отсутствием прямой видимости между пунктами в связи с застройкой.

Список использованных источников

1. Проблемы координатного обеспечения кадастровой деятельности и пути их решения / Е.И. Аврунев, А.Э. Труханов // Интерэкспо Гео-Сибирь – 2016.
2. Оценка точности геодезических сетей для целей государственного кадастра недвижимости / Е.И. Аврунев, К.А. Карпик // Интерэкспо Гео-Сибирь – 2012.
3. Результат оптимизации построения опорной геодезической сети на территорию города Новосибирска / Е.И. Аврунев, М.В. Метелева // Интерэкспо Гео-Сибирь – 2014.
4. Сравнительный анализ новых систем координат и инструментов работы с ними в ГИС Mapinfo и ArcGIS / М.В. Черноусова, И.Г. Ганагина // Интерэкспо Гео-Сибирь – 2019.
5. Анализ установления единых государственных систем координат / Ю.Е. Голякова, Ю.В. Касаткин, В.Н. Щукина. // Вестник СГУГиТ – 2015.
6. Перспективы использования специальных геодезических проекций и местных систем координат / А.В. Виноградов, Б.Т. Мазуров // Вестник СГУГиТ – 2017.
7. Анализ состояния государственной геодезической сети России с учетом существующих и перспективных требований координат / Е.М. Мазурова, К.М. Антонович, Е.К. Лагутина, Л.А. Липатников. // Вестник СГУГиТ – 2014.
8. Геодезическая основа единого государственного реестра недвижимости / М.Г. Отвагина // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral» - 2018 г.
9. Преобразование координат Гаусса – Крюгера из СК-42/95 в ГСК 2011 / К.Ф. Афонин // Интерэкспо Гео-Сибирь – 2015.

10. Анализ некоторых способов преобразования координат пунктов из системы в систему / А.В. Виноградов, Б.Т. Мазуров. // Вестник СГУГиТ – 2017.
11. Математическая обработка инженерных геодезических сетей в стереографической проекции Гаусса/ Д.А. Абжапарова. // Вестник СГУГиТ – 2014.
12. Системы координат в картографии / И.В. Меховникова. // Международный журнал гуманитарных и естественных наук – 2017г.
13. Опыт Российской Федерации по установлению Государственной системы координат 2011 года / В.П. Горобец, Г.Н. Ефимов, И.А. Столяров. // Вестник СГУГиТ – 2015.
14. Федеральный закон от 30 декабря 2015 г. N 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»
15. ГКИНП (ГНТА)-01-006-03 Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации.
16. Официальный сайт Росреестра [электронный ресурс] <https://rosreestr.ru/site/activity/geodeziya-i-kartografiya/>
17. ГОСТ Р 55024-2012 Сети геодезические. Классификация. Общие технические требования.
18. Постановление Правительства РФ от 9 апреля 2016 г. № 289 “Об утверждении Положения о государственной геодезической сети и Положения о государственной нивелирной сети”
19. ОСТ 68-12-97 «Приспособления для принудительного центрирования геодезических приборов. Типы, основные параметры и технические требования»
20. Федеральный закон "Об обеспечении единства измерений" от 26.06.2008 N 102-ФЗ

21. Руководство по созданию и реконструкции городских геодезических сетей с использованием спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS. – М.: ЦНИИГАиК, 2003.
22. Геодезический портал Geostart [Электронный ресурс] / URL: <https://geostart.ru/> свободный.
23. Правила закладки центров и реперов на пунктах геодезической сети: - М.: Картгеоцентр – Геоиздат, 1993.
24. Авакян В.В. Прикладная геодезия: технологии инженерно-геодезических работ. –М., 2019. – 616с.
25. Постановление Правительства РФ от 24 ноября 2016 г. № 1240 «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы».
26. Проект Приказа Министерства экономического развития РФ "Об установлении структуры государственной геодезической сети, требований к ее созданию и к геодезическим пунктам" (подготовлен Минэкономразвития России 01.02.2017)
27. Герасимов А.П. Спутниковые геодезические сети. – М., 2012. 174 с.
28. И.В. Меховникова. Системы координат в картографии – БашГУ., 2016
29. ГОСТ 32453-2013 Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек (с Поправкой).
30. ГКИНП (ОНТА)-02-262-02 - "Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS"
31. Антонович, К.М. А11 Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 т. Т. 1. Монография / К.М. Антонович; ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». – М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. – 334 с.: ил.

32. «Перспективы использования специальных геодезических проекций и местных систем координат» Виноградов А.В. – ОмГАУ., Мазуров Б.Т. – СГУГиТ 2017.
33. «Использование специальных геодезических проекция и местных систем координат» Виноградов А.В. – ОмГАУ., Мазуров Б.Т. – СГУГиТ 2017.
34. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) [Электронный ресурс]/ URL: <https://rosreestr.ru/site/> свободный.
35. Геодезический портал GSI.ru [Электронный ресурс] / URL: https://gsi.ru/catalog/gnss/hiper_plus/
36. Геодезический портал GSI.ru [Электронный ресурс] / URL: <https://gsi.ru/catalog/NikonNIVO/>
37. Аврунев Е.И. Геодезическое обеспечение Государственного кадастра недвижимости - Новосибирск: СГГА, 2010. – 144 с.
38. Инженерная геодезия. Геодезические сети: Учеб. пособие / В.С. Ермаков, Е.Б. Михаленко, Н.Н. Загрядская, Н.Д. Беляев, Ф.Н. Духовской. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. – 40 с.
39. Поклад Г.Г. Геодезия: учебное пособие для вузов / Поклад Г.Г., Гриднев С. П. – М.: Академический проект, 2017. – 592 с.
40. И.В. Меховникова. «Спутниковые методы в геодезических измерениях» – БашГУ., 2016 – 25 с.
41. Бондарук, А.М. Автоматизированные системы управления качеством в технологических процессах / А.М. Бондарук, С.С. Гоц. - М.: Уфа: Монография, **2016**. - 144 с.
42. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (с изменениями на 21 июня 2016 года)
43. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020)

44. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
45. ГОСТ 12.1.003-2014 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
46. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
47. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
48. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1)
49. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1)
50. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
51. ГОСТ 12.1.004-91 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

Приложение А
(справочное)

Development of the geodesic basis on the territory of the Russian Federation

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ВМ81	Черемных Михаил Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Крамаренко В.В.	к.г.-м.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Болсуновская Л. М.	к.ф.н.		

Introduction

The establishment of the State Geodetic Reference Frame (SGRF) on the territory of Russia has a long and rich history that started more than two hundred years ago. Russia is the largest country in the world, covering more than one-eighth of the Earth's inhabited land area. For geodesists who started the geodetic survey of the Russian Empire it was evident from the very beginning that the extremely large size of the country requires a novel approach to building a terrestrial reference frame of sufficient density and accuracy. The methods of land survey used in Europe and USA were straightforward but could not be extrapolated onto Russia as they would require enormous time to build the geodetic network in such a huge country.

Until 1991 the astronomical-geodetic network in Russia was systematically built by classical methods. In 1991, the adjustment of the overall astronomical-geodetic network was finished. This was a monumental work and a great achievement of the ground-based geodesy in the former USSR. After 1991, satellite geodesy became more instrumental in construction of the terrestrial frame as it introduced new methods of geodetic work based on space technologies that had higher accuracy and efficiency and could use fast data processing. All this stimulated development of a new generation of the astronomical geodetic frame of Russia that was finished several years ago.

The structure of the reference frame of the new generation consists of three hierarchical levels that include:

1. Fundamental astronomical-geodetic reference frame (FAGS: Russian abbreviation);
2. high-precision geodetic reference frame (VGS: Russian abbreviation);
3. satellite-based geodetic reference frame of the first category (SGS-1: Russian abbreviation).

It also includes a fundamental gravimetric network and a leveling geodetic network of the first category.

The new physical realization of the State Geodetic Reference Frame is based on the set of the observatories conducting laser ranging of artificial satellites, lunar laser ranging, very long baseline interferometry that is a part of the International Earth Rotation Service (IERS). It can also utilize some other measuring techniques that are available to various federal executive authorities and/or academic institutions. This structure allows one to determine and refine the fundamental geodetic parameters of the reference frame of the Russian Federation in a robust, fast and accurate way.

The subsequent sections describe the history and the basic steps and methods in developing the current astronomical-geodetic frame of the Russian Federation. We notice, however, that our description remains subjective to a large extent, and the reader should bear in mind that our division of the history of geodesy in Russia in a number of steps is not strictly limited to the period of years shown in the titles of sections. There is a large overlap in application of the old and new methods within each of the historical step under discussion.

1. MILESTONES OF THE GEODETIC REFERENCE FRAME DEVELOPMENT IN RUSSIA

1.1 Coordinate systems SK-42

In 1942, despite the enormous stress of the World War II (WW II) when the very existence of the country was jeopardized by the Nazi Army invasion, the Supreme Geodetic Administration of the USSR had formulated and put forward an advanced program of further extension of the existing AGRF. The AGRF development by increasing the number of the triangulation polygons to cover a larger territory of the country with a subsequent readjustment of the entire reference frame. On July 28, 1943, the Supreme Geodetic Administration issued a Decree No 429 “On the Establishment of the Datum for Geodetic Adjustment of the Astronomical and Geodetic Reference Frame of the USSR”.

The work continues without interruption during the entire WW II period and was completed by the end of 1946. There had been created and measured 87

polygons of the first-class in the European part of the USSR along with a narrow chain of polygons extending the triangulation network to the Far East across Siberia. The new triangulation chains included 535 baselines, 1232 azimuths, and 1481 points with astronomical coordinates. As a result, the overall geodetic datum was increased to 4733 points which were used for the network adjustment with the Krassovski ellipsoid taken, once again, as a reference ellipsoid. The adjustment procedure has required to solve the system of 484 normal equations which were subdivided into 174 equations for latitude and longitude, and 310 equations for azimuth. The normal equations have been solved iteratively by transferring the measured data onto the surface of the Krassovski ellipsoid which surface was postulated to coincide with the surface of geoid at the center of the round hall of the Pulkovo Observatory that was traditionally adopted as the origin of the AGRF. The improved and extended network had covered approximately a third part of the USSR territory.

It was soon realized that because the center of the round hall of the Pulkovo Observatory is not a triangulation point it creates an unacceptable uncertainty in the network adjustment. Therefore, the origin of the Soviet Union geodetic datum was changed in 1946 and attached to station “Tower A” ($\Phi_0 = 59^\circ 46' 15.359''\text{N}$, $\Lambda_0 = 30^\circ 19' 28.318''\text{E}$, the deflection of the vertical are $\xi_0 = 0.16''$, $\eta_0 = 1.78''$). Tower A the most closely to the Pulkovo Observatory, as noted in the special Resolution of the Council of Ministers of the USSR in 1946 (IAG, 2016). Direction from the point “Tower A” to the point “Bugry” was chosen as the initial azimuth $A_0 = 121^\circ 06' 42.305''$.

Upon completion of this work, the Council of Ministers of the USSR, issued a Decree No 760 dated by April 7, 1946 that officially introduced a unified system of geodetic coordinates and heights on the territory of the USSR. It was given the nomenclature name of the Coordinate System of 1942 (SK-42). The horizontal network of SK-42 was amended with the Baltic System of elevations (BS-77) with the heights being reckoned from the zero reading of the Kronstadt tidal gauge that defines a long-term average level of the surface of the Baltic Sea. By convention,

the geoid's height above the Krassovski ellipsoid at the origin of the coordinate system SK-42 ("Tower A") was equated to zero.

After 1946 the state reference frame continued to expand to north and east. Coordinates of new points in the geodetic network were calculated by a step-wise adjusting of new polygons to the existed network by the method of "stringing". During next 15 years a total number of 10527 new points had been added to the total budget of the processed geodetic data, as shown by Kashin (1999). In 1954, the SK-42 was extended to the territories of the Eastern-Block countries in Europe - Poland, German Democratic Republic, Czechoslovakia, Hungary, Romania, and Bulgaria.

1.2 The joint adjustment of AGRF, DGRF, SatGRF and creation of SK-95

By 1980, the densification of the state reference frame of the second class had been completed. Subsequent comparison of the second-class geodetic network with the original first-class triangulation has revealed rather large relative deformations of the entire AGRF, as shown by Demianov et al. (2011). The problem was that the stepwise application of the stringing method for the extension of the geodetic network further away from the 87 original polygons resulted in accumulation of the systematic errors in the measured lengths of baselines and angles. Indeed, the relative accuracy in measuring the relative positions of the adjacent points of the second-class polygons was only of the order 10–30 cm. However, the propagation error of the coordinates of the geodetic points from the western border of the USSR to its eastern border reached 30 m. Apparently, there was an urgent demand for a joint adjustment of all first- and second-class networks in order to eliminate the existing systematic deformations of the state reference frame.

The new adjustment of the AGRF had begun in 1985. AGRF was accomplished by processing 164306 points of the first and second classes, 3600 geodetic azimuths and lengths of 2800 baselines as shown by Efimov (2013).

Besides the horizontal network adjustment, the map of quasi-geoid elevations over the Krassovski ellipsoid was derived.

At the time of completion of the AGRF general adjustment by GUGK, the Military Topographic Service of the USSR had created a Satellite-based Geodetic Reference Frame (SatGRF). The coordinates of points were determined from photographic, Doppler, radio and laser ranging observations of space satellites of the Geodetic Measuring Complex System (GEOIK). The system's accuracy in measuring a relative position between any two points separated by distance 500–1500 km was 0.3–0.4 m. SatGRF was adjusted to the AGRF through the coordinates of 26 points uniformly distributed across the entire area covered by the AGRF.

At the same time, to improve the accuracy of the AGRF in the areas with insufficient geodetic triangulation like the coast of the Caspian Sea, some distant northern regions, etc., and to link the map of Sakhalin Island with the mainland AGRF, the Main Administration of Geodesy and Cartography established the Doppler Geodetic Reference Frame (DGRF). The coordinates of points in this frame were determined from the Doppler observations of the TRANSIT American Navigation Satellite System.

Table 1. The statistical uncertainties of the adjusted reference frame.

Value	Description
0.7''	rms error of the direction
1.27''	rms error of the azimuth
1:260000	relative error of the baselines
2–4 cm	rms error of the relative position of the adjacent points
1 m	rms error of the coordinate transfer over the entire territory covered by the reference frame

DGRF consisted of 162 reference points. Among them, 131 points coincided with the points of the AGRF and 21 points coincided with the points of the SGRF. The accuracy of the relative position of the points in the network was 0.4–0.6 m over the distance 500–700 km. DGRF was built in its own coordinate system which was fairly close but neither identical to the GPS World Geodetic System (WGS 84) nor GLONASS coordinate system PZ-90.

In 1991, three independent geodetic reference frames - AGRF, DGRF, and SatGRF, covered the vast territory of the Russian Federation. They were complementary to each other and had similar precision, but the necessity to work with three different coordinate systems was a disadvantage and main obstacle in practical applications. Therefore, it was decided to unify and adjust these three frames all together even though each of the reference frames has been already adjusted independently.

The AGRF is concerned with the horizontal coordinates of triangulation points (angles and lengths). A vertical coordinate (height) of the points is measured differently and used mainly for reducing the results of the horizontal measurements onto the surface of a reference ellipsoid. At the same time, the SatGRF and DGRF are both spatial constructions with all three Cartesian coordinates (X , Y , Z) of the points measured simultaneously with the technique which is somewhat different from that used in the measurements of the AGRF points. Therefore, to achieve uniformity in presenting the initial datum, the AGRF was transformed into the system of rectangular coordinates (X , Y , Z) directed along the axes of the Krassovski ellipsoid to make the spatial configuration of the AGRF similar to that of the SatGRF and DGRF.

To this end, the vertical coordinate of the points obtained with the satellite techniques has been presented as a sum of the normal height of the point above the quasi-geoid and the height anomaly of the quasi-geoid above the reference ellipsoid. The normal heights of the points were defined in the Baltic system BS-77 and their map was provided by the Central Scientific-Research Institute for Geodesy, Aerial Photography and Cartography (TsNIIGAiK) in 1993. The

accuracy of determining the quasi-geoid elevations was 0.06–0.09 m over distances from 10 to 20 km, and 0.3–0.5 m over larger distances up to 1000 km.

The adjustment of the three reference frames was completed in two steps. The coordinates of the points of the SatGRF and DGRF were adjusted first, and then, used as a basis for the subsequent adjustment of the AGRF and matching it to the satellite reference frames. In total, the adjustment procedure included 167 points determined by the satellite methods, from which 134 points belonged to the AGRF.

To make sure that the origin of the adjusted geocentric coordinate system is at the center of mass of the Earth, the researchers used 35 points from the SatGRF and DGRF with independently determined geocentric radius-vectors and separated by distances of about 1000 km from one another. The quasi-geoid heights of the points above the Krassovski ellipsoid were obtained by the gravimetric method, and their normal heights were measured by geodetic leveling.

The final product of the joint adjustment of the AGRF, DGRF and SatGRF was a reference frame consisting of 142 (out of 167) control points of the State Geodetic Reference Frame (SGRF) covering the entire territory of the former USSR. Coordinates of the remaining 25 control points (out of 167) were not included in GRF for various reasons. The average distance between the points was 400–500 km, as shown by Drazhnjuk et al. (1998).

The SGRF was used as a primary basis for doing re-adjustment of 164306 points of the first and second class triangulation networks and roughly 300000 points of the third and fourth class triangulation networks. It resulted in the densification of the SGRF of the Russian Federation with the rms error 0.02–0.04 m between points separated by distances of tens of kilometers, and 0.2–0.5 m over distances from 1000 to 9000 km as shown by Safonov et al. (1994).

The average density of points in the SGRF from the first to the fourth class network was one point per 38 km² for industrial areas and one point per 75–90 km² for uninhabited or sparsely populated areas.

By the year 1995, there had been also established the SLN of all four classes consisting of 600000 leveling signs, and the SGN consisting of 1025 gravimetric points of the first class which also included the fundamental gravimetric stations.

A set of points of the SatGRF, DGRF, and AGRF of the first- and second classes have established the Coordinate System of 1995 (SK-95) that was officially introduced on the territory of Russia in 2002 by the Russian Federation Government Order No 568 issued on July 28, 2000.

The spatial axes of the SK-95 were chosen to be parallel to the axes of the coordinate system PZ-90 (more details about PZ-90 see below), and the origin of the SK-95 was made the same as that of the SK-42 (the Pulkovo Observatory's round hall), as shown in The Earth Parameters 1990 - PZ-90.11 (2014). The Krassovski ellipsoid was taken as a reference surface for elevations. Positions of points in the SK-95 are available in the form of triplets:

- the spatial Cartesian coordinates: X , Y , Z ;
- the geodetic coordinates: latitude φ , longitude λ , geodetic height h ;
- the plane rectangular coordinates x and y in the Gauss-Krüger projection.

However, the introduction of the coordinate system SK-95 was not sufficient to accommodate all advantages of satellite space technologies to the solution of the ground-based geodetic problems. The issue is that the Global Navigation Satellite System (GNSS) imposes more stringent requirements to the long-term coordinate accuracy and stability of the reference points of a coordinate system as compared with the classical methods of the ground-based geodesy. Furthermore, continuous monitoring of the continental drift, polar motion, and other secular and periodic changes of the Earth surface and/or its interior require a regular repetition of geodetic measurements to track down the temporal variations and deformations of the reference frame caused by the above mentioned geophysical phenomena. Therefore, Russian government adopted a comprehensive geodetic program for establishing a new generation of the State Reference Frame in 2011.

1.3 Building a new generation of the State Reference Frame and GSK-2011

The State Reference Frame of a new generation includes the Fundamental Astronomical-Geodetic Network (FAGS), High-Precision Geodetic Reference Network (VGS), the first-class Satellite Geodetic Reference Network (SGS-1) as well as the Fundamental Gravimetric Network and the first-class State Leveling Network (the first class SLN polygons are shown in Fig. 3, as given in Rosreestr, 2014). The existing ground-based geodetic networks of the second, third and fourth classes are used for densification of the FAGS, VGS and SGS1.

The new spatial structure of the National Geodetic Reference Frame is fixed by the set of observational sites doing routinely satellite laser ranging, very-long baseline radio-interferometry and other types of astro-geodetic measurements for various types of federal agencies and academic institutions as shown by Bazlov et al. (1996). This structure allows us to maintain and refine the values of the fundamental geodetic and elevation parameters of the reference frame of the Russian Federation regularly—to keep it as consistent and accurate as required by the modern international standards (Demianov et al. 2011). A comprehensive review of the state-of-the-art of the Russian National Geodetic Reference Frame and prospects for its developing and improving are given in Mazurova et al.

The State Reference Frame of the new generation has three levels:

The first level is materialized by the fundamental astronomical-geodetic reference frame (FAGS), which has the highest priority in providing the navigational support and dissemination of coordinates in Russia. It is used for solving various scientific and technological problems which require precise navigation and timing. The FAGS is the primary geodetic basis for future improvement of the accuracy of the station coordinates of the National Reference Frame.

The FAGS consists of 50 permanent GNSS points on the territory of the Russian Federation which coordinates are being continuously monitored and periodically corrected to prevent deformation of the reference frame. The FAGS

includes: 8 stations of open access which are included to ILRS (Svetloe, Mendeleevo, Zelenchuk, Altay, Badary, Irkutsk, Komsomolsk, Arkhyz), 3 stations of open access which are included to VLBI (Svetloe, Zelenchuk, Badary), a number of points of the Earth Rotation Service and satellite observations (Doppler, photography, etc.) which serve for establishing and maintaining stability of the International Terrestrial Reference Frame (ITRF). There are two more ILRS stations which were built in the USSR and are now taken on lease by Russia - Maidanak (Uzbekistan) and Baikonur (Kazakhstan). However, those stations are outside of the Russian Federation and are not included the FAGS. The average distance between the adjacent points of the FAGS is within the range of 650–1000 km. Each reference point of the FAGS is equipped with the technical means to determine its normal height and the absolute value of the acceleration of gravity.

The normal heights are measured at least, by the leveling of the second class with the rms error about 2.0 mm in height for the horizontal distance 1 km. The admitted maximal systematic error for polygons must not exceed 5 mm L , where L is the length of the polygon's side in km. The acceleration of gravity is measured with the most precise gravimeters in compliance with the requirements of the fundamental gravimetric survey. The values of the normal heights and the absolute acceleration of gravity are checked at each reference point every 5–8 years and adjusted, if necessary. The geocentric coordinates of the reference points of the FAGS are determined by the methods of space geodesy with the rms error of 10–15 cm.

The second level is materialized by the High-Precision Geodetic Reference Network (VGS). The operational mission of this reference frame is to disseminate the ITRF to the entire territory of Russia and to refine the parameters of the relative orientation of the axes of the celestial and geodetic coordinate systems.

Three hundred points of VGS form an accurate homogeneous geodetic spatial framework with an average separation between the adjacent points 150–300 km. Coordinates of the VGS points are firmly adjusted to the points of the FAGS.

The VGS serves as a basis for developing geodetic networks of the third and fourth classes and is used to create highly accurate topographic maps of the quasi-geoid heights in combination with the data delivered by gravimetric and leveling measurements. It is important to emphasize that if calculations are carried out in the system SK-95, the quasigeoid heights are defined with respect to the Krassovski ellipsoid, but if the system GSK2011 is used, then, the quasi-geoid heights are defined with respect to the reference ellipsoid GSK-2011.

Coordinates of the VGS points are determined by the space geodesy techniques that warrant the accurate measurement of the relative distances between points with the rms error not exceeding $3 \text{ mm} \pm 0.5D$ for each horizontal coordinate, and $5 \text{ mm} \pm 0.7D$ for a vertical coordinate - the geodetic height, where D is the distance between the points in km.

Each point of the VGS is linked through various types of measurements with some other VGS points and with, at least, three of the closest points of the FAGS. In remote regions, where the points of the VGS are sparsely distributed and scarcely connected, it is required to link the VGS points with a larger number of the FAGS points and to monitor their mutual collocation more frequently. Each point of the VGS is labeled with a normal height and the absolute value of the acceleration of gravity. The normal heights of the VGS points are given concerning the benchmarks of the first or second-class leveling network or superimposed on the corresponding leveling lines.

The number of the existing points of the VGS reference frame gradually increases as the work on the densification of the frame goes on. To maintain the current accuracy of the expanding network, the relative positions of the new reference points are measured with the precision not less than 2 cm in each coordinate.

The third level is the First-Class Satellite Geodetic Reference Frame (SGS-1) that consists of about 4500 points with an average distance between the adjacent points 25–35 km. The main purpose for introducing the third-level reference frame is to densify the first and second level networks, and to provide the most optimal

conditions for utilization of the high precision and operational capabilities of the satellite positioning measurements for the ground-based geodetic applications.

The new structure of the State Geodetic Reference Frame has a potential for further improvement by including new satellite navigation and geodetic stations which are built by the federal agencies and academic institutions with following or under the Russian Government Regulations. Coordinates of the new stations are calculated and added to the points of the existing reference frame by the computer data processing centers being responsible for the maintenance of the federal differential satellite network.

When construction of the FAGS, VGS and SGS-1 networks was completed, they have been used to establish a new national geodetic coordinate system GSK-2011 that was commissioned in December 2012 as shown by Resolution No 1463. In 2012 (IAG, 2016). The GSK-2011 is the right-handed Cartesian geocentric system which is consistent with the International Terrestrial Reference Frame (ITRF) at the epoch 2011.0 within the precision of a few centimeters in each coordinate. The reference ellipsoid of the GSK2011 is characterized by the following primary parameters: semi-major axis $a = 6\,378\,136.5$ m; flattening $f = 1/298.2564151$. In the GSK-2011, the value of the geocentric gravitational constant (including the atmosphere) is $GM = 398600.4415$ m³ s⁻², the angular velocity of the Earth's rotation $\omega = 7.292115 \times 10^{-5}$ rad s⁻¹, as given in the The Earth Parameters 1990 - PZ-90.11 (2014).

Conclusions

The USSR covered over 1/6 part of the Earth's land with a well-developed and populated European part and (due to natural reasons) much less developed and mostly uninhabited Asian (Siberia and Far East) part. Because of the geographic and demographic disparity of the different parts of the country the soviet geodesists had to work out and implement a special program of construction of the State Geodetic Network of the USSR which was unique and distinct from the corresponding programs of construction of geodetic networks in other countries.

Subsequent adjustment the State Geodetic Network of the USSR had many other specifics associated with its enormous size with no world analogues. The construction of the modern geodetic network of the Russian Federation follows the classic principle of the transition from general to specific that is transition from the network of higher accuracy to that of lower accuracy. The overall modern network has been built mainly by the methods of space geodesy but it fully incorporates the points of the State Geodetic Network of the USSR engineered with the traditional, ground-based geodetic techniques.

References

1. IAG EC, 2016. Description of the Global Geodetic Reference Frame. IAG Newsletter, September 2016, 36 (http://www.iag-aig.org/index.php?tpl=text&id_c=44&id_t=689).
2. Jørgensen A., 2016. Milestone for global geodesy. IAG Newsletter, August 2016, 4- (http://www.iagaig.org/index.php?tpl=text&id_c=44&id_t=686).
3. Molodensky M.S., Eremeev V.F. and Yurkina M.I., 1960. Methods for Study of the External Gravity Field and Figure of the Earth. Transactions of TsNIIGAiK, issue 131, Publishing house of the geodetic and cartographical literature, Moscow, Russia, 251 pp. (in Russian).
4. Mazurova E.M., Antonovich K.M., Lagutina E.K. and Lipatnikov L.A., 2014. Analysis of the state of the geodetic reference frame of Russia with taking into account the current and prospective requirements. Bulletin SGGA, 3(27), 84-89 (in Russian).
5. Schuh H., 2016. Milestone for global geodesy. The IUGG Electronic Journal, 16(10), 12 (www.iugg.org/publications/ejournals/IUGGej1610.pdf).